

# **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПСИХОЛОГИЯ**

**современное состояние  
и перспективы**

**Материалы международной  
научной конференции, посвященной  
90-летию со дня рождения В. Ю. Крылова  
26–27 октября 2023 г., Москва**

**Ответственные редакторы:**

**А. Л. Журавлев,  
Т. Н. Савченко,  
Г. М. Головина**

Российская академия наук  
Институт психологии

# **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПСИХОЛОГИЯ: современное состояние и перспективы**

Материалы международной научной конференции,  
посвященной 90-летию со дня рождения В. Ю. Крылова  
26–27 октября 2023 г., Москва

Ответственные редакторы:

*А. Л. Журавлев,  
Т. Н. Савченко,  
Г. М. Головина*

Москва  
Институт психологии РАН  
2023

УДК 159.9  
ББК 88  
М 34

*Все права защищены. Любое использование  
материалов данной книги полностью или частично  
без разрешения правообладателя запрещается*

Редакционная коллегия:

*И. О. Александров, А. С. Баканов, В. И. Белопольский, И. В. Блиникова,  
И. И. Ветрова, А. Н. Воронин, Г. М. Головина (отв. ред.), Е. В. Головина,  
А. Л. Журавлев (отв. ред.), Н. Е. Максимова, О. В. Митина, П. В. Морозов,  
В. Н. Носуленко, А. Н. Поддьяков, Т. Н. Савченко (отв. ред.), Е. С. Самойленко,  
И. Г. Скотникова, О. И. Теславская, В. А. Толочек, Д. В. Ушаков,  
Н. Е. Харламенкова*

**М 34 Математическая психология:** современное состояние и перспективы. Материалы международной научной конференции, посвященной 90-летию со дня рождения В. Ю. Крылова. 26–27 октября 2023 г., Москва / Отв. ред. А. Л. Журавлев, Т. Н. Савченко, Г. М. Головина. — М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2023. — 320 с.

doi: 10.38098/conf\_23\_0469

ISBN 978-5-9270-0469-0

Настоящее издание включает материалы исследований, представленных российскими и зарубежными учеными на международной научной конференции «Математическая психология: современное состояние и перспективы», посвященной 90-летию со дня рождения В. Ю. Крылова. Содержание работ охватывает различные направления математической психологии и отражает ее современное состояние в России.

© ФГБУН «Институт психологии РАН», 2023

ISBN 978-5-9270-0469-0

## Содержание

В. Ю. Крылов — основатель математической психологии в России . . . . .	9
---	---

### МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ПСИХОЛОГИИ

*Г. Г. Малинецкий*

Научное творчество Владимира Юрьевича Крылова и искусственный интеллект . . . . .	15
--	----

*В. Ф. Петренко, А. П. Супрун*

Ментальные и математические модели в познании многомерного мира . . . . .	31
--	----

*И. О. Александров, Н. Е. Максимова*

Типология исследований и формальное описание закономерностей . . . . .	38
---	----

*В. Н. Носуленко*

Количественный анализ качественных данных . . . . .	45
---	----

*А. Н. Поддьяков*

Метанетранзитивные отношения превосходства между выборками и внутри их подвыборок . . . . .	50
--	----

*Л. С. Куравский, Г. А. Юрьев, С. С. Ермаков, Е. А. Савенков*

Приложения квантовых вычислений в психодиагностике . . . . .	54
--	----

*Д. Ю. Волченков, А. Н. Лебедев*

Анализ поведенческих шаблонов равнозначного выбора. Синтез методов статистики и машинного обучения в экосистеме данных. . . . .	60
---	----

*Н. Б. Баканова*

Выбор критериев и методов для разработки модели публикационной результативности (активности) организации. . . . .	69
--	----

*А. С. Баканов*

Системный подход к анализу и разработке модели  
информационных процессов в организации . . . . . 74

## **МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В ПСИХОЛОГИИ**

*О. В. Митина, Е. И. Первичко, Ю. Е. Конюховская*

Возможности медиаторного анализа для построения  
и сравнения моделей, объясняющих  
причинно-следственные связи . . . . . 81

*В. Е. Дубровский*

Дифференциальная геометрия сенсорных пространств . . . . . 93

*И. Г. Скотникова*

Модели принятия решения человеком и животными  
в восприятии и когнитивных задачах . . . . . 104

*В. М. Шендяпин*

Байесовский механизм и мультисенсорная интеграция:  
задачно-ориентированная модель принятия решения  
и уверенности в восприятии . . . . . 114

*Н. Б. Горюнова*

Проблема ментальной фрагментации  
в когнитивных исследованиях . . . . . 124

*А. А. Кулинич*

Модель поддержки принятия интуитивно-опытных решений . . 130

*В. В. Матюшин, И. В. Блиникова*

Моделирование диспозициональной осознанности  
с помощью конфирматорного факторного анализа . . . . . 137

*Г. М. Головина, Т. Н. Савченко*

Динамическая диагностика предельных циклов состояний  
удовлетворенности жизнью . . . . . 144

*Т. Н. Савченко, О. И. Теславская*

Этапы верификации теоретической модели эскапизма . . . . . 151

## **НЕЙРОСЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ, СТРУКТУРЫ ЗНАНИЙ**

*И. Н. Трофимова*

Снижение энтропии под вопросом:  
принцип «метать и ловить» в нейрофизиологии . . . . . 163

*Л. Е. Адамова, О. О. Варламов*

Исследование процессов обучения людей  
и логического искусственного интеллекта . . . . . 174

*О. О. Варламов, Л. Е. Адамова*

Применение миварных технологий  
логического искусственного интеллекта в психологии . . . . . 181

*А. С. Панфилова*

Применение методов объяснимого искусственного интеллекта  
к моделям диагностики психологических свойств личности . . . 193

*В. А. Углев*

Картирование структур знаний для реализации  
механизма рефлексивного управления учебной траекторией  
пользователей обучающих систем. . . . . 202

## **СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ДАННЫХ В ПСИХОЛОГИИ**

*О. В. Митина, В. Ф. Петренко*

К вопросу об определении количественных показателей  
в психосемантических исследованиях . . . . . 213

*А. Н. Воронин*

Проблема агрегации дискурсивных маркеров  
как индикаторов психологических конструкторов . . . . . 228

*С. А. Малкина, Н. Г. Артемцева*

Метод структурограммы как способ построения модели  
созависимости . . . . . 233

*И. В. Блинникова, Ю. А. Ишмуратова*

Движения глаз как индикаторы когнитивных стратегий  
разного уровня эффективности . . . . . 239

*М. М. Басимов*

Проблема интерпретации статистической связи на примере  
зависимостей между математическими функциями . . . . . 246

*В. А. Толочек, А. С. Машкова*

Комбинации методов статистики в изучении уникальности  
субъекта и групп . . . . . 252

*В. В. Апанович, Д. Л. Гладиллин*

Применение ковариационного анализа с принципом  
«скользящего окна» для оценки связности  
нестационарных временных рядов . . . . . 259

*К. Г. Языков*

Определение самоорганизации генетических систем  
психической ригидности . . . . . 266

*С. А. Изосимова, И. С. Сальников, В. Н. Пигуз, К. С. Ивашко*

Определение речевых особенностей и функциональных  
характеристик словесных текстов, используемых  
при саморегуляции психоэмоциональных состояний  
личности: компьютерно-информационный аспект . . . . . 272

*Б. А. Ясько, Е. Р. Миронова, Г. С. Аксютенков*

Психологические предикторы регулирования стресс-реакций:  
возможности математического моделирования . . . . . 280

*А. В. Жегалло*

Задача сравнения эмоциональных экспрессий:  
особенности восприятия степени различий . . . . . 286

## **ИЗМЕРЕНИЯ, ПСИХОМЕТРИКА**

*А. Ю. Разваляева*

Внутренняя надежность психологических инструментов  
с точки зрения факторно-аналитического подхода . . . . . 295

*М. М. Басимов*

Картина статистических зависимостей (линейных  
и простейших нелинейных) в рамках исследования страха . . . . 301

*Н. А. Хохлов*

Какие факторы стоят за шкалами ММРІ? . . . . . 308

*Я. И. Сиповская*

Психометрическая проверка методики диагностики  
понятийных (концептуальных) способностей . . . . . 314



*Владимир Юрьевич КРЫЛОВ*  
доктор психологических наук, профессор,  
заведующий лабораторией математической психологии  
Института психологии РАН в 1977 – 1997 гг.

## **В. Ю. КРЫЛОВ – ОСНОВАТЕЛЬ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ПСИХОЛОГИИ В РОССИИ**

Настоящая книга подготовлена по материалам международной конференции «Математическая психология: современное состояние и перспективы» (26–27 октября 2023 г.), посвященной 90-летию со дня рождения основателя математической психологии в России, известного математика и психолога Владимира Юрьевича Крылова.

В сборнике представлены статьи, в которых рассматриваются актуальные вопросы математической психологии, когнитивной психологии, искусственного интеллекта, психофизики, математического моделирования психических процессов, а также применения математических методов в психологической практике.

Владимир Юрьевич Крылов выделял следующие направления математической психологии:

- моделирование принятия решений в различных условиях;
- теория измерений в психологии;
- развитие нетрадиционных математических методов;
- моделирование процессов обучения и памяти;
- моделирование социального и группового поведения;
- синергетика.

В соответствии с выделенными В. Ю. Крыловым направлениями и актуальными тенденциями развития математической психологии представленные в данном сборнике статьи распределены по следующим разделам: методологические проблемы современной математической психологии; математические модели в психологии; нейросетевое моделирование, искусственный интеллект; современные математические методы анализа данных в психологии; измерения, психометрика. Некоторые статьи условно отнесены к одному из разделов, однако в них обсуждаются вопросы, затронутые в других разделах.

**В раздел «Методологические проблемы современной математической психологии»** вошли работы, связанные с анализом научного творчества В. Ю. Крылова, обсуждением теоретических основ математической психологии, заложенных В. Ю. Крыловым, и их развитием в настоящее время: синергетический подход, математическая психология и системный подход, применение компьютерного моделирования в психологии, модели с использованием автоматов, исследования искусственного интеллекта и др.

Широкое обсуждение получили фундаментальные вопросы, связанные с различными подходами к анализу реальности, соответствующими классическому физическому представлению, например, с использованием марковских моделей и квантово-механического описания состояний. Эти вопросы, обсуждавшиеся на семинарах ИП РАН и ИПМ в 1980–1990-х годах, в настоящее время по-прежнему являются актуальными на другом витке развития науки. Представлен новый подход к созданию систем психологической диагностики путем свертки прикладных марковских моделей в квантовые представления.

В. Ю. Крылов особо выделял синергетический подход к моделированию психологических систем, а психосинергетика определялась им как возможная новая парадигма психологической науки. В данном сборнике осуждается актуальность синергетического подхода в современной психологии. Представлено принципиально новое понимание отношения порождения: эволюционное, не инструктивное, являющееся результатом разрешения неустойчивого, неравновесного состояния объекта.

В книге описана методология получения и анализа вербализаций, эмпирическое же исследование как средство моделирования реальных ситуаций предполагает объединение разных, прежде независимых подходов и методов, в том числе качественных и количественных.

В статьях обсуждается методология синтеза статистических методов и методов машинного обучения.

**В разделе «Математические модели в психологии»** представлены модели принятия решений, модели поддержки принятия решений человеком и животным в когнитивных задачах, принятия решений и уверенности в восприятии, модель поддержки принятия интуитивно-опытных решений с использованием векторной модели языка для интерпретации этих решений. Рассматривается формальная схема представления результатов психофизических экспериментов с использованием концепции сенсорного пространства, что явля-

ется первым шагом на пути построения обобщенных пространств Фехнера.

Обсуждаются возможности применения медиаторного анализа для построения и сравнения моделей; конфирматорного анализа, метода структурных уравнений для моделирования диспозиционной осознанности, построения структурной модели эскапизма. Представлен новый подход к динамической диагностике с использованием вероятностных автоматных моделей циклических переходов для нахождения предельных циклов. Для моделирования агента использовался автомат Крылова.

**В разделе «Нейросетевое моделирование, искусственный интеллект»** рассматриваются вопросы применения миварных технологий логического искусственного интеллекта нового поколения в психологии. Широкое обсуждение получили вопросы, посвященные сравнительному анализу процессов обучения людей и логического искусственного интеллекта, методология которого описана в первом разделе. Модель представления знаний об учебной ситуации позволяет реализовать некоторые алгоритмы имитации рефлексивного управления индивидуальной образовательной траекторией учащегося в интеллектуальной автоматизированной обучающей системе. Обсуждается проблема «объяснимости» искусственного интеллекта, анализ точности прогноза об объяснимых методах искусственного интеллекта.

**В разделе «Современные математические методы анализа данных в психологии»** обсуждаются достоинства применения метода структурограммы в построении модели созависимости, особенности восприятия степени различий, а также возможности комбинации методов статистики в изучении уникальности субъекта и групп, ковариационного анализа для оценки связности нестационарных временных имен. В этом разделе представлены проблемы интерпретации статистических связей, определения количественных показателей, агрегации дискурсивных маркеров, определения речевых особенностей и функциональных характеристик текстов. Описывается применение нейросетевой лексико-семантической обработки текстов для определения речевых особенностей. Ряд статей посвящен методам измерения окулomotorной активности человека.

**В разделе «Измерения, психометрика»** освещаются вопросы внутренней надежности психологических инструментов с точки зрения фактор-аналитического подхода, этапов психометрической проверки методик, использования нелинейных взаимосвязей в анализе резуль-

татов исследований. В статьях, отнесенных к другим разделам, также описываются процесс и этапы стандартизации методик. В 1980–1990-е годы В. Н. Дружининым, В. Ю. Крыловым и сотрудниками лаборатории анализировались этапы стандартизации и использования многомерных математических методов анализа данных на каждом этапе, что легло в основу современной психометрики.

В настоящее время происходит расширение объектов психологического исследования, усложнение организационных принципов проведения конкретных работ. Развитие технического обеспечения позволяет решать задачи, которые в 1980–1990-е годы были сформулированы, а решены лишь частично. Это приводит к интенсивному развитию междисциплинарных исследований, что, в свою очередь, вызывает возрождение интереса к методологическим и теоретическим проблемам математической психологии.

Идеи В. Ю. Крылова становятся все более актуальными в связи с развитием когнитивного моделирования, машинного обучения и широко применяются в реализации моделей функционирования отдельных компонентов интеллекта. Синтетическая модель интеллекта, разработанная с применением нечетких множеств, более соответствует естественному интеллекту. Благодаря этому можно аргументированно обсуждать развитие синергетической парадигмы в психологической науке, направленной на изучение нелинейных эффектов психологических систем и особенностей их изменения.

Синергетический подход, разрабатывавшийся В. Ю. Крыловым и сотрудниками лаборатории математической психологии ИП РАН, является в настоящее время одним из ведущих в моделировании динамических процессов. Результаты современных исследований в области математической психологии подтверждают многие прогнозы В. Ю. Крылова, а актуальность задач, которые решались им или под его научным руководством, становится все более очевидной.

*Редколлегия*

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ  
ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ  
МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ПСИХОЛОГИИ**



## НАУЧНОЕ ТВОРЧЕСТВО ВЛАДИМИРА ЮРЬЕВИЧА КРЫЛОВА И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

*Г. Г. Малинецкий (Институт прикладной математики  
им. М. В. Келдыша РАН, Москва)*

gmalin@keldysh.ru

Создатель математической психологии в России Владимир Юрьевич Крылов обладал удивительным ощущением «научного времени», отказываясь от одних задач и активно развивая другие направления. Пришло время, и произошла переоценка ценностей. Становится ясно, был ли верен с нынешних позиций его выбор, сделанный тогда. Поразительной оказывается точность решений, которые он принимал. Особенно ярко это проявляется в происходящей в настоящее время революции в области искусственного интеллекта, формирующего на наших глазах новую реальность. Если считать биосферу первой природой, техносферу – второй, то сейчас возникает третья природа – компьютерное и телекоммуникационное пространство. Оно формирует нового человека и ставит множество глубоких, интересных и важных задач. Для возникающих в данной области проблем характерна междисциплинарность и существенная роль математического моделирования, компьютерных технологий, вычислительных систем нового поколения.

В современном развитии гуманитарного и естественно-научного знания В. Ю. Крылов многое предвидел, получил ряд важных результатов и оставил в наследство своим ученикам и коллегам много задач, которыми стоит заняться.

*Ключевые слова:* математическая психология, искусственный интеллект, В. Ю. Крылов, самоорганизация, конечные автоматы, машины Тьюринга, распознавание образов, взаимодействие людей и компьютеров, одностороннее шифрование, научная стратегия.

## Наука и судьба

Я, ты, он, она,  
Вместе – целая страна,  
Вместе – дружная семья,  
В слове «мы» – сто тысяч «я».

*Р. Рождественский*

Владимир Юрьевич был в полной мере представителем нашей цивилизации – мира России – и отечественной культуры. Он обладал удивительным обаянием, парадоксальным мышлением и глубоким пониманием реальности.

Любимая сказка на Западе – история про Золушку, которая, слушаясь всех старших, делала, что велят, усердно работала и в конце концов получила в награду за все это прекрасного принца. Ключевая притча нашей цивилизации – сказка про Ивана-дурака.

Иван не слишком хорош для рутинных дел, но его умение держать слово, доброта, готовность поддержать тех, кому это надо, смелость, готовность к риску, готовность к чуду оказываются решающими. Именно готовность к риску, к решительным действиям помогает ему выжить, спасти других, спасти царство. Вспомним ершовскую сказку.

Говорит ему конек:  
«Вот уж есть чему дивиться!  
Тут лежит перо Жар-птицы,  
Но для счастья своего  
Не бери себе его.  
Много, много непокою  
Принесет оно с собою».  
Но Иван взял и в конце концов победил!

Гоголь назвал Пушкина русским человеком в его развитии. Мне кажется, что многие черты научной судьбы В. Ю. Крылова близки к стратегии Ивана-дурака в научном контексте. Его отличали удивительная интуиция, ясное понимание того, за какие задачи следует браться, а за какие нет. Кроме того, его идеи и решения очень часто были парадоксальны.

Замечу еще одну деталь. К сожалению, астрология в качестве научной дисциплины так и не состоялась... Тем не менее, можно взглянуть на 90-летие В. Ю. Крылова и с этой точки зрения. Россия находится под знаком Водолея, недавно началась эра Водолея, и, естественно,

Владимир Юрьевич тоже был Водолей (14 февраля). Море творчества, взгляд на мир сверху, как и положено воздушному знаку, огромные способности к математике, к абстрактному мышлению и удивительный артистизм.

В этот день года родилась прекрасная певица Анна Герман, выдающийся просветитель России С. П. Капица, политический деятель С. М. Миронов, а также множество выдающихся актеров. Владимир Юрьевич был поэтом, сочинял музыку, прекрасно играл и обладал удивительным обаянием. Он блестяще читал лекции на психологическом факультете МГУ, а также в МФТИ. На психфаке одновременно читали лекции на двух потоках, и второй поток постепенно «перетекал» в аудиторию, где читал В. Ю. Крылов. Он читал математику парадоксально, исходя не из ньютоновской традиции, а опираясь на вопросы, которые волновали психологов.

Очень жаль, что эта традиция в МГУ в настоящее время фактически утеряна. На биофаке, химфаке, психфаке и многих других естественных и гуманитарных факультетах читают преподаватели с механико-математического факультета МГУ. Поэтому студенты этих факультетов воспринимают данный предмет как сборник таинственных, загадочных заклинаний, родственных средневековому богословию, которые надо выучить, сдать и забыть. После лекций Крылова многие философы влюблялись в математику.

О своей научной судьбе Владимир Юрьевич сказал мне: «В моей жизни было три периода. Вначале я понял на новом уровне, как устроена природа. На втором, я считаю, что разобрался, как работает мозг. Третий я связываю с ростом моей дочери Сашеньки. Наблюдая за ней, я надеюсь разобраться, как устроено сознание».

В. Ю. Крылов кончал мехмат МГУ, его блестящие успехи привели к тому, что его перевели в «секретную группу», ориентированную на криптографическую тематику. Он с удовольствием вспоминал, что даже распределение проходило на конспиративной квартире с часовым и серьезными мужчинами в мундирах. Благодаря усилиям известного математика, впоследствии академика И. М. Гельфанда, В. Ю. Крылова перевели из криптографического пространства в Институт прикладной математики. Этот институт, созданный в 1953 г., сыграл очень большую роль в советском атомном и космическом проектах, воплощение которых обеспечивает суверенитет новой России. Первым директором Института был выдающийся математик, «главный теоретик космонавтики», президент АН СССР, академик М. В. Келдыш.

«Почему вы ушли из криптографии?» – несколько раз спрашивал я Крылова. Ответ был один: «Время ее еще не пришло». Он был прав! Время ее наступило сейчас, искусственный интеллект здесь играет ключевую роль.

В последние десятилетие системы искусственного интеллекта (ИИ) пережили очередную «весну». Результатом этого стала возможность решать на новом уровне задачи распознавания образов – найти данного человека среди многих миллионов изображений по видеосъемке, фотографиям, по походке и т. д. По словам Э. Сноудена «под колпаком» у американских спецслужб находится более миллиарда человек в десятках стран. Пандемия COVID-19 показала, что уже существующие средства позволяют перенаправить жизнь многих стран по другому руслу, осуществить «самоизоляцию», остановку многих производств и транспортных потоков.

Лейбниц, создавший калькулятор, который мог делить и умножать, считал, что будущее за «считающими машинами», которые будут настолько информированы, объективны и беспристрастны, что смогут судить людей.

По сценарию Давосского экономического форума (форума миллиардеров), предполагается, что уже к 2025 г. на Земле будет установлено 1 триллион «наблюдатчиков», которые позволят обеспечить тотальный социальный контроль. За наблюдаемостью следует управляемость: кто владеет информацией, тот владеет всем. По мнению Сноудена, спецслужбам доступна вся информация об интересующих их людях. Они знают все, кроме мыслей, но и это промежуточный этап... Мир находится на пороге нового рабовладения. И психология людей станет совсем другой.

Вспомним антиутопии «Мы» Е. Замятина (1920), «1984» Дж. Оруэлла (1949), «Час быка» О. Ефремова (1970), «Остров для белых» М. Веллера (2021). Путь в ад уже выложен благими намерениями обеспечения социального контроля, глобальной безопасности, борьбы с террористами.

Тут и возникает желание сохранить свободу, личное пространство, право быть собой, стремление уйти из-под тотального контроля. И наступает время взлета криптографии, что предвидел В. Ю. Крылов.

Этот взлет связан с введением Диффи и Хеллманом односторонних функций. Много тысяч лет люди пользовались двусторонним шифрованием – и автор, и адресат имели один и тот же алгоритм для шифрования и расшифровки своих секретных писем. Односто-

роннее шифрование позволяет всем зашифровать свое сообщение, но только одному прочитать его! Это очень серьезный шаг из-под власти тотального контроля!

Немного формализма и конкретики. Пусть  $x$  – наше сообщение (его можно представить как одно огромное число),  $y$  – зашифрованное сообщение, функция с ключом –  $k$  –  $f_k$  «занимается» шифрованием. Односторонними функциями  $f_k(x)$  называются такие, что:

- 1) шифрование  $y = f_k(x)$  является простой задачей;
- 2) расшифровка при неизвестном ключе  $kx = f_k^{-1}(x)$  является сложной задачей;
- 3) расшифровка при известном ключе  $k$  вновь является простой задачей.

Получается удивительная картина. Если мы хотим получить секретную информацию от своих абонентов, то мы сообщаем всем желающим связаться с нами, функцию  $f_k(x)$  (конечно, не сообщая ключа  $k$ ), в ответ от них получаем зашифрованное ими сообщение  $y = f_k(x)$ . При этом злоумышленник может перехватить  $y$ , но не может по нему восстановить  $x$ . Мы в этом случае получаем возможность передавать секретную информацию по открытым каналам!

Осталось разобраться, какие задачи будем считать «простыми», а какие «сложными». Эти понятия возникли, когда люди задумались, каковы ограничения наших компьютеров. Ответ, к которому они пришли, таков.

Пусть на вход компьютера для решения нашей задачи поступает число длины  $N$  (или массив такой же величины). Пусть для того, чтобы решить задачу требуется  $Q \sim N^\alpha$ ,  $\alpha = const$  действий. Такие задачи являются полиномиальными или простыми.

Задачи, в которых зависимость является растущей быстрее, будем называть сложными. Но есть ли вообще сложные задачи? Оказывается, есть! Приведем только один пример. На плоскости расположены  $N$  городов. Коммивояжер должен посетить их все так, чтобы его путь оказался кратчайшим. Теория утверждает, что в общем случае здесь нужен полный перебор всех вариантов. Сколько их? Первый город мы можем выбрать одним из  $N$  способов, второй –  $N-1$  и т.д.

$$Q = N(N-1), \dots, 2 * 1 = N! = \sqrt{2\pi N} (N/e)^N, e = 2,718\dots$$

Последняя формула была выведена Стирлингом (1730). Видно, что здесь мы имеем зависимость вида  $N^N$ . Эта зависимость растет стремитель-

но  $100! = 9,3320 * 10^{157}$ ,  $1000! = 4,02 * 10^{2567}$  (заметим, что по существующим представлениям во вселенной около  $10^{82}$  атомов).

Решение этой, казалось бы, несложной задачи выходит за пределы всех компьютеров Земли вместе взятых и для решения понадобилось бы (если бы это было возможно) все время существования вселенной.

Но ведь это только первый шаг на пути освобождения от тотального контроля. Надо ли это? Под одеждой все мы голы, но не всем нравится все время ходить голышом даже перед мудрым и все понимающим начальством.

Французский социолог Жак Аттали называет наступающее время «эпохой гиперконтроля», — тотальный электронный контроль преобразит мир и человека. Чем более человек одинок, тем больше он потребляет, занимается самоконтролем и развлекается, чтобы скрыть одиночество, считает Аттали.

Через полвека после этого по его прогнозу наступит гиперконфликт и время войн...

А если пойти иначе, «спрямить» этот исторический путь и не терять столетие в бесконечных конфликтах, попытках реанимировать капитализм или основать новое Средневековье или новое рабовладение. Если пойти не от техники, а от человека, от психологии? Подобная стратегия — психология побеждает и опережает атомные технологии и открывает путь в новый мир — была описана в книге Айзека Азимова «Академия» (американский вариант «Основание»).

Думаю, что такая перспектива была бы В. Ю. Крылову близка и очень понравилась бы. Думаю, что мы бы ее обсудили, и он тотчас же записал возникшие у него мысли в одну из своих тетрадей. «Что вы в них пишете?» — спросил я его. «Это для будущего» — последовал ответ. Да он и сам говорил: «Научный коллектив, лаборатория, отдел, школа должны быть семьей, только тогда что-нибудь получится». Мы с ним не раз беседовали о свободе и воле: «Свобода — западное понятие, содержащее вопрос — свобода от чего и для чего. Нам же нужна не свобода, а воля» ... Как бы хотелось вернуться к этим беседам...

## **Искушение строгостью**

Истинный ученый – это мечтатель,  
а кто им не является, тот называет себя практикантом.

*О. Бальзак*

Знакомясь с историей Института прикладной математики, который ныне носит имя М. В. Келдыша (ИПМ), осознаешь, что ключевые результаты, во многом превосходящие то, что было сделано позже, были получены в первые 5 лет. В Институте работало очень много ярких, талантливых людей, закладывавших основание новых научных дисциплин.

К таким людям относился и академик И. М. Гельфанд, который привел В. Ю. Крылова в ИПМ. Он сумел стать выдающимся ученым путем самообразования, не закончив ни средней школы, ни университета. Он является автором более 800 научных статей и 30 монографий. Его отличала большая широта его научного творчества, он занимался функциональным анализом, обратными задачами квантовой механики, искусственным интеллектом, был основателем математической медицины. Он создал метод прогонки для решения системы дифференциальных уравнений, возникающих при численном решении задач математической физики. Он создал Всесоюзную заочную математическую школу при МГУ (ВЗМШ) и дал афористичное определение: «Задача мехмата состоит в том, чтобы сделать людей способными». За 30 лет ВЗМШ окончили более 70 тысяч человек.

И все же я думаю, что В. Ю. Крылову не повезло с руководителем. И. М. Гельфанд имел тяжелый характер. Владимир Юрьевич рассказывал мне, как он принес ему свою работу. Тот тут же, не читая, порвал ее на глазах у сотрудников, восклицая: «Первый вариант никогда не бывает хорошим! Пишите следующий вариант». Он очень грубо вел семинары. Иногда восклицал: «Ну-ка, скажите, что докладчик скажет дальше! Или вы ничего не понимаете?!» – или после вопроса к докладчику говорил: «Идите в задний ряд, вы невежественны и ничего не поняли!». В США, куда он переехал в 1989 г., ему не позволили в таком стиле вести семинары.

У И. М. Гельфанда было несколько направлений научной деятельности. Некоторые из них, например связанные с распознаванием образов, имели практическую направленность. В частности, это касалось постановки медицинских диагнозов. Один из сотрудников И. М. Гельфанда Ю. Б. Котов занимался моделированием принятия решений

лечащим врачом. Эта задача парадоксальна. Психологи утверждают, что, принимая решение, человек может учесть не более 5–7 признаков, симптомов, результатов анализов. Однако в медицинских учебниках написано, что для диагностики ряда заболеваний надо принять в расчет от 600 до 1200 параметров. Это далеко за пределами человеческих возможностей! Как же, несмотря на все это, врачи лечат людей? Как же мы работаем с таким большим объемом информации?

Ответ связан с самоорганизацией. Во-первых, есть разные стадии болезни, и, ясно их представляя, можно выделить из моря информации немногое. Во-вторых, существен выбор, какие действия мы, собственно, можем предпринять, между чем делается выбор; и это тоже сокращает нужное нам информационное пространство. В-третьих, есть наиболее важные, ключевые параметры, так называемые на языке теории самоорганизации «параметры порядка», которые на данной стадии определяют все остальное. У врача и первое, и второе, и третье определяется в ходе профессиональной деятельности. По сути, это и есть итог его профессиональной жизни. Это означает, что в его пространстве решающих правил произошла самоорганизация.

К сожалению, сами врачи очень часто не могут ответить на вопрос, что же является главным. Именно поэтому медицинское образование такое долгое, и, честно говоря, не очень хорошее. Оно организовано по принципу: «Иди и смотри». Если же и возможности смотреть нет, то, как правило, оно оказывается бесполезным. Врачам могут помочь выделить главное в ходе так называемых «диагностических игр». Перед математиком лежит история болезни. Врач задает ему вопросы, как будто перед ним настоящий больной. Математик их фиксирует и, глядя в историю, отвечает. Особенно важен момент, когда врач говорит, что ему все ясно. Работая с этой информацией, математик и выделяет главное.

Особенно эффективно это, когда есть выдающиеся врачи, умеющие лечить, и редкие болезни, для которых нет большой статистики. Например, в результате деятельности Ю. Б. Котова смертность от ряда болезней сократилась в несколько раз. Впрочем, после благодарностей, грантов, защиты докторской, спасенных жизней в конце концов его уволили из ИПМ, «потому что Scorusa не хватило».

Однако сама логика этого подхода долгое время была темой наших бесед с В. Ю. Крыловым. В повести братьев Стругацких есть чеканная формулировка: «Понять — значит упростить». На мой взгляд, это ключевой вопрос всей психологии: как и почему мы упрощаем. Во мно-

гих случаях у нас нет шансов идти методом проб и ошибок — следует действовать быстро, здесь и теперь. У Владимира Юрьевича было парадоксальное восприятие времени, иногда он готов был обсуждать научные дела часами, пока не появлялась любопытная мысль, а иногда повторял: «Момент через момент уже не момент», — и действовал быстро и решительно.

К этой мысли люди приходят вновь и вновь. Выдающийся физик и педагог Л. Д. Ландау называл себя «тривиализатором», делавшееся на переднем крае науки он доводил до такой степени ясности и простоты, что этому можно было обучить студентов, только входящих в науку. Его 9-томный курс теоретической физики является одним из выдающихся достижений культуры XX в.

Вспомним Пушкина:

«О сколько нам открытий чудных  
Готовит просвещения дух  
И Опыт, сын ошибок трудных,  
И Гений, парадоксов друг.  
И Случай, бог изобретатель».

И наука, и искусство должны быть «простыми». На взгляд современных поэтов, рифмы Пушкина тривиальны, а об облике Татьяны и Онегина поэт нам не потрудились рассказать. И все же, Аполлон Григорьев, сказавший в 1859 г. «Пушкин — наше всё», во многом прав. Творчество поэта — одна из основ нашей культуры. Ломоносов определил правила отечественного стихосложения, Пушкин же сделал наш поэтический язык ясным, гармоничным, легким. Этого поэта можно трактовать, отрицать, дополнять, пародировать, но нашу «поэтическую вселенную» создал он... Наверно, просто время пришло, и он оказался тем человеком, который сделал то, что оно требовало.

На чем настаивали Коперник и Кеплер?

Да на том, что их способ определения положения планет на небосклоне проще того, который предложил Птолемей. В варианте Птолемея в зависимости от требуемой точности, надо было построить от 36 до 90 окружностей.

Возражения против сказанного очевидны. Законы Кеплера — приближение. Планеты вращаются не по эллипсу. Другие планеты влияют на траекторию, и по величине этого влияния были открыты другие небесные тела. Но принцип тот же: начав с простого, мы строим сложное.

Вернемся к логике в медицинских задачах. Разобравшись, как поступают выдающиеся врачи, переведа это на математический язык, мы можем сделать знания лучших достоянием всех медиков. «Не вместо врача, а вместе с врачом» — формулирует Ю. Б. Котов. Машина выступает как советчик, и мы можем проследить логику ее советов.

Представим мысленный эксперимент. Представим, что мы только что приступили к созданию астрономии. Допустим, что мы «закладываем» в компьютер, использующий искусственный интеллект, положения планет на небосводе и просим предсказать их положение в будущем. И он прекрасно справляется с этим! В этом случае науки, описывающей движение планет, не возникает! Стоит ли дело того?

Возникает и следующий принципиальный вопрос. Что мы оставим себе, несмотря на возможности тотальной автоматизации? В 1719 г. Даниэль Дефо опубликовал роман «Робинзон Крузо». Один человек, оказавшись на необитаемом острове, по сути, воссоздает всю техносферу своего времени. Ему не удалось создать только корабль, поскольку дерево оказалось слишком большим и тяжелым. Мы живем в совершенно другой реальности! Без бензина, электричества, компьютеров и метро большие города потеряют смысл. Человек сразу окажется отброшенным на много веков назад, он не сможет ни в одиночку, ни в составе небольшой группы восстановить все то, что мы считаем в мире вещей само собой разумеющимся. И не факт, что мы справимся с этой реальностью лучше, чем Робинзон Крузо.

К тому же без компьютера и сетей — «мозга на вынос» — мы вмиг окажемся без огромного объема знаний и многих возможностей для самоорганизации...

Принцип «компьютер вместе с человеком» подразумевал огромное внимание к опыту. И это давало замечательные результаты. Например, сотрудник ИПМ Ш. А. Губерман, рассматривая рукописные тексты, выделил 10 «примитивов», которые мы используем когда пишем. И это позволило «обучить» компьютер «читать» рукописный текст гораздо лучше, чем раньше. Карта разломов земной коры вместе с компьютерными программами распознавания образов позволила предсказать гигантские месторождения нефти и газа в Южной Америке, которые впоследствии действительно были открыты геологами. Не все получалось удачно. Например, в этом отделе И. М. Гельфанда математикам поручили создать программу, позволяющую на основе параметров яйца установить, кто родится — петушок или курица. Бабушки в деревне как-то справляются с этой задачей; математикам же,

несмотря на командировки в село и множество попыток понять, как же это удается, так и остался неясен их способ действий и соответствующие алгоритмы.

Владимир Юрьевич имел большой интерес к этим задачам, но в группу ученых, связанную с распознаванием образов, не попал. Его как выпускника мехмата подключили к работе, связанной с математическими основаниями квантовой теории поля. Наверно, это была ошибка.

Один из великих математиков человечества Леонард Эйлер считал, что не стоит слишком заботиться о строгости. Следует просто придумывать, делать выкладки, и это откроет путь к истине. И во множестве случаев ему это прекрасно удавалось!

Но этот золотой век математики прошел, а вопросы остались. Много веков эту науку считали отражением божественного замысла, а аристотелеву логику – инструментом, посланным нам богами.

Но вот рассуждение, взорвавшее математику XX в.: «Брадобрей бреет всех, кто не бреется сам. Должен ли он брить себя?». Ответы «да» и «нет» приводят к противоречию.

Или рассуждение, показывающее, что 1 – наибольшее положительное целое число. В самом деле,  $M^2 \geq M$ , поскольку  $(M+1)^2 = M^2 + 2M + 1 > M$ . Следовательно, если  $M$  – наибольшее целое число, то и  $M^2$  будет таким же. Значит  $M^2 = M$ , но этому равенству удовлетворяет лишь  $M=1$ .

В чем же дело? Да в том, что мы предположили, что наибольшее целое число *существует*. Начался «серебряный век» математики, вопросы существования и единственности решений, корректности поставленных задач оказались в центре внимания исследователей.

Существовала иллюзия, что если построить аксиоматически квантовую теорию поля, ввести аксиомы и доказать соответствующие теоремы, то это существенно продвинет и теоретическую физику, и математику. И действительно в этом разделе много сложных теоретических проблем и немного приложений. Есть большой и сложный учебник Боголюбова и Ширкова «Введение в теорию квантованных полей». На физфаке бытовал слух, что в аспирантуру кафедры квантовой статистики, где всем этим занимались, брали только тех, кто найдет в этой книге 300 опечаток. Владимир Юрьевич получил в этой области математическую задачу, его работа была представлена академиком М. В. Келдышем в журнал «Доклады Академии наук», и по ее мотивам написана и защищена кандидатская диссертация.

Мы много раз обсуждали с Владимиром Юрьевичем, как далеко исследователи могут продвинуться в разработке тех вещей, которых не понимают.

Замечательной сущностью является континуальный интеграл. Выдающийся физик XX в., лауреат Нобелевской премии, один из создателей квантовой электродинамики Ричард Фейнман предлагал смотреть на задачи квантовой механики просто. Чтобы выяснить, с какой вероятностью (одна!) частица прибудет из точки А в точку В, надо, следуя Фейнману, считать, что она двигается *по всем* возможным траекториям. Далее надо проинтегрировать *по всем* возможным путям и получить ответ. Представим, что рассматривается прохождение электрона через экран с двумя щелями. Элементарная логика подсказывает, что электрон прошел либо через левую, либо через правую щель. В фейнмановской формулировке он может пройти через обе щели...

Классики говорили о  $\psi$ -функции, о волновом характере движения микрочастиц, о плотности вероятности. Но куда же все это исчезает, когда электрон ударяется об экран, а наши приборы фиксируют этот момент? Этот вопрос вначале вновь и вновь задают студенты, осваивающие квантовую механику, а потом перестают, потому что на него никто не может ответить.

«Квантовая механика дает совершенно абсурдное с точки зрения здравого смысла описание Природы. И оно полностью соответствует эксперименту. Так что я надеюсь, что вы сможете принять Природу такой, как она есть — абсурдной», — писал Ричард Фейнман.

«Здесь не было критических экспериментов. Если бы они были, то мы бы разобрались, что важно, а что не важно», — говорил мне Владимир Юрьевич об этом периоде своей научной жизни. И здесь он был прав. Сейчас эти эксперименты появились. Они связаны с квантовой телепортацией, с нелокальностью квантовой механики, но это уже другой сюжет. Помнится, мы тогда приходили к выводу, что если после «того что мы не понимаем» не удастся найти «новую простоту», позволяющую понять, что в науке является ключевым, наступает тупик. Лемовский «Солярис» отчасти написан именно об этом.

## Автоматы, сознание, психология

Я не то, что со мной случилось,  
я — то, чем я решил стать.

К. Юнг

Взлет прикладной математики заставил задуматься о «больших проблемах», среди которых природа сознания. Математики мыслят моделями, образами, предлагают инструменты, чтобы в сложном увидеть простоту. Как говорил Хуго Штейнгауз, «между духом и материей посредничает математика».

Эта наука парадоксальна. Например, действительное число — это *бесконечная* последовательность цифр. Вы сталкивались когда-либо с бесконечностью, кроме как на уроке математики? Вместе с тем именно с ней связано множество парадоксов, проблем и прорывов в математике XX в.

Вдохновленные компьютерными вычислениями математики упростили ситуацию — перешли в дискретный мир. В нем время дискретно  $t = 1, 2, 3 \dots$ , дискретно пространство  $x = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ ,  $y = 0, \pm 1, \pm 2 \dots$ . Наконец, сама исследуемая величина  $c$  может принимать конечное число значений. Да, и нам это близко, очень часто нам требуется решить «да» или «нет». Объект, который я описал, называется клеточным автоматом.

Допустим, что параметры среды меняются, а наш автомат может сказать лишь «да» или «нет». Если он угадал: среда сейчас требует этого, то он получит приз. Иначе — штраф. Можно ли построить автомат, который будет действовать целесообразно, получая больше выигрышей, чем проигрышей, несмотря на то, что свойства среды меняются. Именно такие системы с большим успехом создавали В. Ю. Крылов вместе с сотрудником ИПМ М. Л. Цетлиным. Идея проста — надо создавать автоматы «с памятью», которые «запоминают», как они действовали, и далее стремятся действовать так же, меняя в случае неудачи запомненное.

Что же будет, если автоматы начнут играть друг с другом? Ответ на этот вопрос, появившийся тогда, в далеких 1960-х, — прямой путь к нынешнему прорыву в области искусственного интеллекта. Думаю, что этот порыв мог бы состояться гораздо раньше и в нашей стране. К сожалению, М. Л. Цетлин умер в 41 год и И. М. Гельфанд закрыл работы по автоматам в ИПМ, считая, что в Институте нет сотрудников, которые могли бы вести это направление на достаточно высоком уровне.

Большое влияние на В. Ю. Крылова в этот период оказали работы В. А. Лефевра, посвященные рефлексии. Этот исследователь, защитивший в свое время кандидатскую диссертацию по психологии, шел не от физического контекста, а от человека. Важнейшая черта, отличающая системы, изучаемые в психологии, от естественнонаучных моделей – *рефлексия*. Рефлексия, по Лефевру, есть направленность человеческой души на самое себя. Она представляет собой своеобразное зеркало: «Я думаю, что они думают, что я думаю...». Возникает естественный вопрос, сколько уровней рефлексии следует учитывать?

Популярен исторический анекдот о Канте, обращавшемся к студентам: «Представьте себе стену... Теперь представьте себя, представляющим стену... Ну, а теперь представьте себе себя, представляющим себе стену... Видите, как это нелегко, а философия имеет дело с бесконечным уровнем рефлексии».

Математические модели показывают, что существенны три уровня. На первом мы размышляем о том, что делаем. На втором осмысливаем свое восприятие наших действий; на третьем рассматриваем свой внутренний мир в более широком контексте – на этом уровне и лежит совесть. Благодаря ученику В. Л. Лефевра, а ныне сотруднику Академии наук В. Е. Лепскому в течение ряда лет издавался журнал «Рефлексивные процессы и управление» и регулярно проводились конференции по этой тематике. Не буду останавливаться на аппарате этой теории, которая далека от совершенства. На мой взгляд, здесь остро не хватает психологов и экспериментов, которые помогли бы понять, как это происходит на самом деле, а как это могло бы быть.

Язык клеточных автоматов оказался удивительным. Он показал, как простейшие локальные взаимодействия могут приводить к сложным процессам, определяющим поведение всей системы. Разве не так устроен мозг?

Удивительный клеточный автомат предложил Джон Конвей в 1971 г., который он назвал «Жизнь». Представим огромную плоскость в клеточку. У каждой клеточки есть 8 соседей. Клетка может находиться в двух состояниях – «живом» или «мертвом». Правила игры просты.

Живая клетка в момент  $t$  становится мертвой в момент  $t+1$ , либо когда у нее *меньше двух* живых соседей в момент  $t$  (от скуки), либо когда у нее в этот момент больше трех соседей (от перенаселения).

Мертвая клетка в момент  $t$  становится живой в момент  $t+1$ , если у нее три живых соседа.

Что такое компьютер? Это машина, которая имеет два типа логических операций И и ИЛИ, соединенных проводами. В игре «Жизнь» и то, и другое может быть создано! Иными словами, этот автомат может действовать как компьютер, как машина Тьюринга! Это направление очень интересовало Владимира Юрьевича, и он размышлял о научной программе в этой области.

Большим энтузиастом этого подхода был американский математик С. Уолфрем, изучивший множество клеточных автоматов. Ему принадлежит любопытная мысль, относящаяся к психологии. Он разделил все процессы на *приводимые* и *неприводимые*. Первые таковы, что можно коротким путем просчитать результат процесса. Например, нам надо сложить два  $N$ -значных числа. Строго говоря, мы должны взять  $N$  палочек, характеризующих одно число, прибавить палочки, относящиеся к другому числу, и пересчитать. Но можно действовать не «в лоб» — мы знаем сложение столбиком, которое значительно проще. Но в невычислимых процессах таких способов нет, и нам нужно просто считать и смотреть, что получится.

При этом наука, по его мысли, добивается успеха, когда мы имеем дело с приводимыми процессами. Это либо то, что происходит в системе с небольшим фазовым пространством (как в уравнениях Ньютона), либо то, что происходит, когда частиц очень много, но они одинаковы (этим занимается статистическая физика). В других случаях короткого пути нет. Как же действуют люди в таких случаях? Именно тут играет ключевую роль эмоции, интуиция, мораль, нравственность и мн. др. Иначе говоря, мы используем те стратегии, которые выработало за много лет человечество и которые приводили к успеху. И вновь слово за психологами.

## V. Yu. Krylov's scientific creativity and artificial intelligence

G. G. Malinetsky (M. V. Keldysh Institute of Applied Mathematics RAS, Moscow)

gmalin@keldysh.ru

The creator of mathematical psychology in Russia, Vladimir Yurievich Krylov, had an amazing sense of “scientific time”, abandoning some tasks and actively developing other directions. The time has come, and a reassessment of values has occurred. It becomes clear whether his choice made then was correct from today's perspective. The accuracy of the decisions he made is amazing. This is especially evident in the ongoing revolution in the field of artificial intelligence,

which is shaping a new reality before our eyes. If we consider the biosphere as the first nature, the technosphere as the second, then now a third nature is emerging – the computer and telecommunications space. It shapes a new person and poses many deep, interesting and important tasks. The problems arising in this area are characterized by interdisciplinarity and the significant role of mathematical modeling, computer technology, and new generation computing systems. In the modern development of humanitarian and natural science knowledge V. Yu. Krylov foresaw a lot, obtained a number of important results and left as a legacy to his students and colleagues many problems that were worth tackling.

*Key words:* mathematical psychology, artificial intelligence, V. Yu. Krylov, self-organization, finite state machines, Turing machines, pattern recognition, interaction between people and computers, one-way encryption, scientific strategy.

## МЕНТАЛЬНЫЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В ПОЗНАНИИ МНОГОМЕРНОГО МИРА

*В. Ф. Петренко (МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва)*

victor-petrenko@mail.ru

*А. П. Супрун (МГУ им. Ломоносова, Москва)*

anatoly.suprun@gmail.com

В статье рассматриваются различные подходы к анализу реальности, представленной в нашем сознании в объектной, пространственно-временной форме, что соответствует классическому физическому представлению, и системной, что соответствует квантово-механическому описанию состояний в гильбертовом пространстве. Последнее представление сходно с психосемантическими методами латентно-структурного исследования психических состояний. В отличие от объектной системная декомпозиция реальности позволяет уйти от субъект-объектной парадигмы, рассматривая реальность как некоторую иерархию подсистем (одной из которых является наша Вселенная) в рамках единой открытой эволюционирующей системы. Здесь находят свое место как системы индивидуального сознания, так и Юнговские системы коллективного бессознательного, разработанные совместно с Нобелевским лауреатом по физике А. Паули. Как отмечал Б. Рассел, наиболее подходящей парадигмой, объединяющей различные науки, является психология, поскольку содержания других наук прямо или косвенно адресуются к содержанию сознания, причем, любое физическое состояние объекта (системы) фактически корреспондируется к психическому состоянию субъекта, воспринимающего некоторое содержание реальности, как отмечал еще А. Пуанкаре.

*Ключевые слова:* сознание, бессознательное, системный подход, пространства-время, объектная интерпретация.

Крылов Владимир Юрьевич принадлежит к тем труженикам науки, чьи идеи и исследования образуют почву, на которой возрастают глобальные обобщенные теории и модели познания.

Очевидно, что однозначное построение образа мира на базе сигнальной сенсорной системы (первой сигнальной системы по И. П. Павлову) невозможно. Причем, как отмечал еще А. Пуанкаре (1983), вариантов представления «внешней реальности» даже на уровне второй сигнальной системы огромное множество. Это касается многих наших сознательных представлений и связанных с ними базовых понятий, таких, как *размерность, метрика, однородность пространство-время* и др. Анри Пуанкаре утверждал, что многие, так называемые научные положения являются на самом деле конвенциональными и принимаются научной общественностью, чаще всего исходя из эстетических критериев (Пенроуз, 2020; Хоссенфельдер, 2021), поскольку не могут быть верифицированы экспериментально.

На базе сигналов невозможно создать однозначную «внутреннюю» картину мира, тождественную «внешней реальности». Это связано как со множеством *способов представления* сигналов: временном (в трехмерном или n-мерном пространстве-времени), спектральном (в бесконечномерном гильбертовом пространстве) и пр., так и со множеством математических *системных «языков»* (моделей) описания содержания этих сигналов. По существу, это различные метафоры реальности, имеющие свои ограничения, выход за пределы которых ведет к парадоксам в понятийном аппарате общепринятых интерпретаций. В итоге складывается ситуация, когда формальное описание модели мира, созданное бессознательными когнитивными механизмами сигнального представления реальности (за границей сознания), приходит в противоречие с понятийными интерпретациями в границах системы сознания, как это произошло, например, в квантовой механике. Эволюционно сформировавшаяся бессознательная когнитивная система представления реальности, ее модель и интерпретация в сознании хорошо подходила для охоты на мамонтов, но оказалась несостоятельной в новой области, за пределами компетенции наших естественных сенсорных систем.

Отметим, что квантовая механика использует системный (целостный или симультанный, по Л. С. Выготскому) способ представления реальности в отличие от объектного, пространственно-временного (сукцессивного) в рамках сознания (Выготский, 1982). В парадигме психологии процесс восприятия «внешней реальности» и перевод ее во «внутреннее представление» можно отобразить в схеме: *бессознательное* (реальность, внешняя по отношению к сознанию) → *подсознание* (когнитивные бессознательные системы ее кодирования и трансляции

в сознание) → *сознание* (модельное представление и второсигнальная интерпретация реальности). По сути, граница между сознанием и бессознательным определяется различием в способах и языках представления и описания реальности в этих системах.

Квантово-механическое описание реальности осуществляется на системном языке некоммутативной алгебры комплексных операторов в пространстве Гильберта. Использование комплексных чисел устраняет целый ряд парадоксов, характерных для классической физики, в частности, мнимое время  $\tau = it$  (в квантовой механике получается из реального времени  $t$  через так называемый поворот Вика в комплексной плоскости на угол  $\pi/2$ ) позволяет избавиться от сингулярностей в космологии, в связи с чем С. Хокинг предложил считать именно его «истинным временем» (Хокинг, 2019). Однако, несмотря на внутреннюю логическую непротиворечивость данной модели, ее адекватная понятийная интерпретация (например, мнимого времени или, соответственно, волн вероятности, описываемых  $\psi$ -функцией) становится невозможной.

Следует отметить, что адекватное описание процессов в классической физике, связанных с течением времени, также является противоречивым. Как отмечает Р. Пенроуз: «Время для нас „течет“ *только* потому, что мы обладаем сознанием. С точки зрения теории относительности существует лишь „статическое“ четырехмерное пространство-время без какого-либо „течения“. Пространство-время просто *есть*, и время в нем способно „течь“ не больше, чем пространство. Течение времени, похоже, необходимо почему-то одному лишь сознанию, и я не удивлюсь, если отношения между сознанием и временем вдруг окажутся странными и во всем остальном» (Гринштейн, Зайонц, 2008). Парадоксальность пространственно-временного представления реальности раскрывал в своих апориях еще античный философ Зенон. Современные исследования парадокса Эйнштейна–Подольского–Розена привели к открытию нелокальности пространства и нарушению причинности в явлениях квантовой телепортации состояний, а эксперименты, условно названные «квантовым ластиком», поставили вопрос о неизменности прошлого (Пенроуз, 2005).

Как отмечал А. Пуанкаре в последних работах, все, что мы имеем реально в результате восприятий, – это внутренние «переживания», которые мы проецируем во внешнее ментальное пространство, осуществляя своеобразную экспликацию своей ментальной карты – «внутренней» модели реальности. Т. е. весь процесс трансляции содержания

реальности из бессознательного в сознание переворачивается и закрепляется в теории отражения. Фактически вопреки бритве Оккама вводится лишняя сущность — модель, подменяющая саму реальность.

Таким образом, когда речь идет о состояниях, как физических, так и психических (квантовое состояние системы, установка, мысль и т. д.), то адекватным методом их представления является системный, позволяющий симультанно определить их содержание в пространстве Гильберта. Если речь идет о процессе, выражающим сукцессивно в динамике некоторое состояние, то наилучшим способ его описания будет пространственно-временной. В частном случае связь этих представлений может осуществляться с помощью оконного преобразования Фурье (Петренко, Супрун, 2017). О неполноте объектного пространственно-временного описания реальности свидетельствует и то, что в нашу картину мира постоянно приходится вводить безобъектные сущности (силы, поля и пр.) для того, чтобы вновь сшить воедино разорванную целостность реальности.

Отметим, что методы психосемантики, основывающиеся на латентно-структурном анализе (факторный анализ, метод главных компонент и др.) также являются системными (Петренко, Супрун, 2012) и позволяют адекватно описывать психические состояния. Причем, как и в квантовой механике они основываются на расчетах собственных векторов и собственных значений операторов (в данном случае операторами являются матрицы кросс-корреляций). Поэтому неслучайно обнаруживаются глубокие связи и методологические пересечения между психосемантикой и квантовой физикой (Петренко, Супрун, 2017; Suprun, Suprun, 2011; Suprun et al., 2022).

Как отмечал Б. Рассел, наиболее подходящей парадигмой, объединяющей различные науки, является психология, поскольку их содержания прямо или косвенно адресуются к содержанию (ментальной карте) сознания (Рассел, 2001). Причем любое *физическое состояние объекта* (системы) фактически корреспондируется к *психическому состоянию субъекта*, воспринимающего некоторое содержание реальности. Это снимает известный парадокс влияния восприятия наблюдателя на процесс редукции волновой функции («схлопывания» нескольких возможностей квантовой системы к конкретному значению), которое не описывается в рамках самой квантовой теории (Нейман, 1932; Петренко, Супрун, 2012).

В отличие от объектной, системная декомпозиция реальности позволяет уйти от субъект-объектной парадигмы, если рассматривать ре-

альность как некоторую иерархию подсистем (одной из которых является наша Вселенная) в рамках единой открытой эволюционирующей системы. Здесь находят свое место как системы индивидуального сознания, так и юнговские системы коллективного бессознательного (разработанные, кстати, совместно с Нобелевским лауреатом по физике А. Паули). При таком подходе вообще не используются категории материального и идеального (пережитки библейского святого духа и первоначальной глины), поскольку рассматриваются только вопросы содержания систем, безотносительно к их «носителю».

Данный подход позволяет пересмотреть некоторые наши взгляды на реальность. Это возможно, если принять точку зрения, что мы на самом деле всегда имеем дело не с «внешней объективной» реальностью, а лишь с ее «субъективной внутренней» моделью, которую выстраивает наше когнитивное бессознательное, используя эволюционно сложившийся набор определенных алгоритмов. Современное развитие науки, в частности физики и психологии, позволяет достаточно полно и убедительно обосновать подобное утверждение. Сама наша жизнь оказывается результатом деятельности такого манипулятора, как наше подсознание, которое всегда остается в тени. А попытка разобраться в собственных программах поведения может способствовать решению многих серьезных проблем. Этот путь представляется перспективным, так как дает возможность по-новому взглянуть на многие вещи, связанные не только с психологией. При этом возникает универсальное обоснование для объяснения многих явлений из различных областей знания просто потому, что в их основе лежит наше восприятие реальности, прежде всего на подсознательном уровне.

## **Литература**

- Выготский Л. С.* Мышление и речь. // Л. С. Выготский. Собр. соч. Т. 2. М.: Педагогика, 1982.
- Гринштейн Дж., Зайонц А.* Квантовый вызов. Современные исследования оснований квантовой механики. Долгопрудный: ИД «Интеллект», 2008.
- Крылов В. Ю.* Психосинергетика как возможная новая парадигма психологической науки // Психологический журнал. 1998. № 3. С. 56–63.
- Нейман И. Фон.* Математические основы квантовой механики. М., 1932. С. 261.

- Пенроуз Р.* Тени разума: в поисках науки о сознании. М.—Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2005.
- Пенроуз Р.* Мода, вера, фантазия и новая физика Вселенной. СПб.: Питер, 2020.
- Петренко В. Ф., Супрун А. П.* Целеустремленные системы, эволюция и субъектный аспект системологии // Труды ИСА РАН. 2012. Т. 62. 1/2012.
- Петренко В. Ф., Супрун А. П.* Методологические пересечения психосемантики сознания и квантовой физики. М.: Красанд, 2017.
- Пуанкаре Анри.* О науке / Под ред. Л. С. Понтрягина. М.: Наука, 1983.
- Рассел Б.* История западной философии и ее связи с политическими и социальными условиями от античности до наших дней. Новосибирск, 2001. Гл. 22.
- Хокинг С.* Краткая история времени: от большого взрыва до черных дыр. М.: АСТ, 2019.
- Хоссенфельдер С.* Уродливая Вселенная: как поиски красоты заводят физиков в тупик. М.: Эксмо, 2021.
- Suprun S. P., Suprun A. P.* Computers: Classical, Quantum and Others. Bentham Science Publishers Ltd, Saif Zone, Sharjah, U. A. E.; San Francisco, CA, United Arab Emirates, 2011.
- Suprun S. P., Suprun A. P., Petrenko V. F.* Schrödinger's Cat Smile: Algorithms for Construction. V. 2. Bentham Science Publishers (Netherlands), 2022.

### **Mental and mathematical models in the knowledge of the multidimensional world**

*V. F. Petrenko (Moscow State University named after M. V. Lomonosov, Moscow),  
A. P. Suprun (Moscow State University named after M. V. Lomonosov, Moscow)*

The article discusses various approaches to the analysis of reality, represented in our consciousness in an object, spatio-temporal form, which corresponds to the classical physical representation, and systemic, which corresponds to the quantum mechanical description of states in Hilbert space. The latter idea is similar to psychosemantic methods of latent-structural research of mental states. Unlike the object one, the systemic decomposition of reality allows us to get away from the subject-object paradigm, considering reality as a certain hierarchy of subsystems (one of which is our Universe) within the framework of a single open evolving system. Both systems of individual consciousness and Jungian systems of the collective unconscious, developed jointly with Nobel

*В. Ф. Петренко, А. П. Супрун*

laureate in physics A. Pauli, find their place here. As B. Russell noted, the most suitable paradigm that unites various sciences is psychology, since the content of other sciences is directly or indirectly addressed to the content of consciousness, and any physical state of an object (system) actually corresponds to the mental state of the subject perceiving some content of reality, as A. Poincaré noted.

*Key words:* Consciousness, unconscious, systems approach, space-time, object interpretation.

# ТИПОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И ФОРМАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ<sup>1</sup>

*И. О. Александров (Институт психологии РАН, Москва)*

almax2000@inbox.ru

*Н. Е. Максимова (Институт психологии РАН, Москва)*

almax2000@inbox.ru

Трем типам исследований (доэксперимент, квазиэксперимент, истинный эксперимент), предложенным Д. Кэмпбеллом, поставлены в соответствие три типа закономерностей: эквивалентности, сопряженности и порождения, формальное описание которых может быть дано в логико-алгебраической аксиоматике отношений. Предполагается, что для установления логической и эмпирической преемственности в ряду типов исследований «доэксперимент—квазиэксперимент—истинный эксперимент» необходимы дополнения. Для перехода от доэксперимента к квазиэксперименту и от квазиэксперимента к истинному эксперименту требуется введение новых типов закономерностей, которые допускаются логико-алгебраической аксиоматикой, их операционализация в новых, ранее не определенных типах исследований.

*Ключевые слова:* типология исследований, типы закономерностей, аксиомы алгебры отношений.

Важная роль в планировании и организации психологических исследований принадлежит концепции трех типов исследования («истинный эксперимент», «квазиэксперимент» и «доэксперимент»), сформулированной Д. Кэмпбеллом. Ранее было отмечено, что применение этой концепции в оригинальном виде сталкивается с трудностями (Александров, Максимова, 2012). Первая из основных трудностей состоит в неопределенности строгих границ между типами исследований, что следует из множественности критериев их идентификации (соотношение значимости которых не задано): наборы планов трех вы-

---

1 Исследование выполнено по Государственному заданию Минобрнауки РФ № 0138-2023-0002.

деленных типов исследований содержательно пересекаются, и, следовательно, вся конструкция не является типологией в строгом значении этого термина. Вторая трудность следует из сформулированной Кэмпбеллом логической связи этих трех типов исследования: начальный пункт планирования — попытка использования планов истинного эксперимента; если для этого нет необходимых средств контроля, реализуются версии квазиэкспериментального дизайна, и наконец, при невозможности их применения исследователь должен обратиться к доэксперименту. Заметим, что сам Кэмпбелл вводит доэксперимент лишь с дидактическими целями, «для иллюстрации факторов валидности, которые нужно контролировать» (Кэмпбелл, 1980, с. 184), т. е. утверждает бесполезность этого типа исследования. Практика применения типологии Кэмпбелла задает иной порядок применения трех типов дизайна. Так, формулирование каузальных гипотез невозможно без установления в квазиэксперименте 1) корреляционной связи между переменными, предполагаемое соотношение которых «причина и следствие» и которым можно придать значение «независимой» и «зависимой», а также 2) перечня «кандидатов» в побочные переменные, который должен быть определен еще при планировании истинного эксперимента (Дружинин, 2011). Для планирования квазиэксперимента необходимо, например, определение и операционализация классификационных переменных, обоснование состава выборки как множества эквивалентных по ключевой характеристике индивидов и возможности ее разбиения на группы; причем ошибочные решения задач доэксперимента могут предопределить нарушения валидности результатов и квазиэксперимента, и истинного эксперимента (см.: Александров, Максимова, 2012). Таким образом, критерий «снижения уровня контроля», введенный Кэмпбеллом для обоснования связи типов исследования, должен быть отвергнут.

Отмеченные трудности в применении концепции Кэмпбелла могут быть преодолены, если в качестве основания типологии использовать направленность исследований на установление закономерностей, специфических для каждого типа исследования (Александров, Максимова, 2015). Для доэксперимента это выявление эквивалентности объектов, событий и явлений, а также следствий показанных эквивалентностей (классификации, типологии, разнообразия составов выборок и популяций, выделения и операционализации переменных — дескрипторов и классификаторов). Цели квазиэкспериментальных исследований — определение закономерных сопряженностей (соотношений) характе-

ристик объектов, процессов и событий, которые проявляются, например, в корреляциях, в синдромах свойств или в факторных структурах. В истинных экспериментах, как это и предполагается, согласно типологии Кэмпбелла, устанавливаются каузальные отношения.

Типология исследований, в основе которой лежат определенные типы закономерностей, допускает строгое формальное определение как самих закономерностей, так и процедур, обеспечивающих проверку гипотез об их существовании.

Для формального описания закономерностей может быть использована логико-алгебраическая аксиоматика отношений, описанная Г. С. Осиповым (Осипов, 1997).

Каждое отношение, представляющее закономерность, характеризуется тремя свойствами, которые могут быть представлены разными состояниями, обозначаемыми префиксами: 1) рефлексивность, НЕрефлексивность, АНТИрефлексивность; 2) симметричность (*reversibility*), НЕсимметричность, АНТИсимметричность; 3) транзитивность, НЕтранзитивность, АНТИтранзитивность (подробно см.: там же).

Закономерные эквивалентности рефлексивны, симметричны, транзитивны. Именно эти свойства соотношения объектов должны быть показаны для того, чтобы объединить их в единый класс или распределить их по разным классам. Эти свойства оценивают номинальные шкалы измерений. Доэкспериментальные исследования, вопреки начальным указаниям Кэмпбелла, не реализуются как квазиэкспериментальные с «ослабленным контролем», а направлены на достижение специальных целей – установление закономерных эквивалентностей. Строгая версия доэксперимента для достижения валидных результатов должна обеспечивать контроль выполнения требований к установленным закономерностям – их рефлексивности, симметричности и транзитивности.

Закономерные сопряженности при их идентификации как корреляций рефлексивны, симметричны и нетранзитивны. Если сопряженность рассматривать как отношение включенности, например, при отнесении переменной к определенному облаку в пространстве, построенному в процедурах факторизации или многомерного шкалирования, то эта закономерная сопряженность антирефлексивна, транзитивна, асимметрична (Френкель, Бар-Хиллель, 1966, с. 46). Возможны и другие варианты сопряженности. Для строгой их диагностики необходима точная формулировка гипотетической версии сопряженности и выбор соответствующей этой формулировке статистической

гипотезы и вычислительной процедуры. Заметим, что для выявления сопряженностей как в варианте корреляционной связи, так и в версии включенности для исследуемых объектов и их дескрипторов должны быть определены свойства эквивалентности.

Закономерные причинно-следственные отношения являются вариантом более общего типа закономерностей — *отношений порождения*. Понимание таких отношений как каузальных в традиции экспериментальных исследований было логически и операционально оформлено в полном соответствии с классическим вариантом принципа развития (инструктивизмом) и сфокусировано на «прямых и непосредственных, ближайших причинах» (*causae directae et proximae*). Дж. Гершель ввел диагностические критерии каузальной связи, которые могут быть точно выражены в аксиоматике отношений: 1) причина может быть только внешним событием по отношению к следствию — это свойство *АНТИ-рефлексивности*; 2) порядок причины и следствия строго необратим во времени — каузальность *АНТИсимметрична* (*irreversible*); 3) влияние причины ограничено непосредственным воздействием, в распространении эффекта на другие объекты проявляются иные причинно-следственные отношения, это свойство *АНТИтранзитивности*. Именно в этом точном аксиоматизированном понимании (инструктивная) каузальность в традиции классической науки заняла место центральной и единственной цели научных исследований; это представление проявляется и в типологии Кэмпбелла. Например, угрозы валидности доэкспериментальных и квазиэкспериментальных исследований оцениваются по количеству нарушений при их применении для установления каузальных связей, хотя, по его же утверждению, эти типы исследований для этого не предназначены! Важный результат такого понимания каузальности, ставшего общепринятым, состоит не только в сокращении списка типов закономерностей до одного (каузальности), но и в устранении из исследовательской практики разнообразных вариантов каузальности. Известны и получили некоторые логические описания, хотя остаются неоперационализованными, «косвенная» причинность (*indirect causation*), «дублирующая или избыточная» причинность (*redundant causation*). Так, косвенная причинность в отличие от прямой каузальности определяется как транзитивное отношение (или допускающее транзитивное замыкание); обязательными логическими признаками избыточной причинности считаются «вилки» (ветвление воздействий) (Spohn, 2009), требующие логического обоснования и операционализации.

Принципиально иное понимание отношения порождения – эволюционное. Если классическое, инструктивное каузальное порождение нового является продуктом внешнего воздействия, влияния, то эволюционное порождение – не инструктивное, это результат разрешения неустойчивого, неравновесного состояния объекта через процессы дифференциации. Формальное описание дифференциации требует введения логического отношения «предок–потомок», которое отрицает исходную включенность/принадлежность «потомка» в состав «предка», что обозначает способность к саморазвитию (в его основе лежат неустраняемые ошибки ауторепликации, т. е. мутации). Заметим, что теория множеств не предлагает формализма, необходимого для описания отношения эволюционной дифференциации. Используя введенные выше логические операторы, отношение эволюционной дифференциации можно охарактеризовать как 1) в версии ауторепликации необязательно *допускающее* рефлексивность, т. е. *НЕ-рефлексивное*, в версиях с трансформацией или с исчезновением предковой формы – *АНТИрефлексивное*; 2) *АНТИсимметричное* (*irreversible*); 3) если в различных ветвлениях могут быть гетерохронно порождены сходные формы потомков (транзитивное замыкание), то оно *допускает* транзитивность, то есть *НЕтранзитивное*, в противном случае – *АНТИтранзитивное*. По этим предположительным свойствам отношение эволюционной дифференциации отличается от рассмотренных выше форм каузальности.

Особый класс эволюционных отношений порождения можно обозначить как отношения гибридизации (предполагаемый современными постулатами селективистской теории эволюции). В форме ориентированного графа (не дерева!) такое событие отображается двумя дугами, заходящими в одну вершину, но содержательно оно не является транзитивным замыканием. Логические характеристики этой формы отношений порождения еще не определены, а следовательно, не могут быть даны строгие формулировки эмпирических гипотез.

Возможно, что для установления эволюционных отношений порождения необходимы и достаточны формы контроля, определенные для планов истинных экспериментов, описанных Кэмпбеллом.

## **Выводы**

1. Реализация исследований различных типов, предусмотренных модифицированной типологией Кэмпбелла, требует логического

определения характеристик закономерностей, заданных в гипотезах. Эмпирические и вычислительные (статистические) процедуры проверки этих гипотез должны соответствовать логическим характеристикам гипотетических закономерностей.

2. Для диагностики типа гипотетической закономерности необходимо выполнение всех трех аксиоматически заданных логико-алгебраических характеристик. Диагностика по одной из характеристик может привести к нарушению внутренней валидности исследования.
3. Каждому типу исследований может соответствовать несколько родственных закономерностей. Количество таких закономерностей возрастает в ряду «доэксперимент—квазиэксперимент—истинный эксперимент».
4. Резкое увеличение количества закономерностей, соответствующих цели истинных экспериментов (установление отношений порождения), позволяет предположить необходимость введения нового (еще не определенного) типа исследований, переходного от квазиэксперимента к истинному эксперименту. Планирование исследования нового (промежуточного) типа должно основываться на результатах квазиэксперимента, а его результаты должны быть необходимы и достаточны для достижения целей истинных экспериментов.
5. Новые типы закономерностей, представляющих цели для новых типов исследований, еще не введенных в практику, могут быть формально описаны в использованных терминах логико-алгебраической аксиоматики отношений. В рамках этой аксиоматики может быть определено не менее 27 типов закономерностей с различающимися свойствами (Осипов, 1997), из этого количества в степени, достаточной для применения, описано и операционализировано лишь несколько (не более пяти).

## **Литература**

- Александров И. О., Максимова Н. Е.* Типология исследований Д. Кэмпбелла: основания и возможности развития // Экспериментальный метод в структуре психологического знания / Отв. ред. В. А. Барбанщиков. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012. С. 49–56.
- Александров И. О., Максимова Н. Е.* Номотетическая направленность исследований и формальное аксиоматическое определение зако-

номерностей // Психология способностей: современное состояние и перспективы исследований. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2015. С. 17–19.

*Дружинин В. Н.* Экспериментальная психология. СПб.: Питер, 2011.

*Осинов Г. С.* Приобретение знаний интеллектуальными системами. М.: Наука, 1997.

*Френкель А. А., Бар-Хиллель И.* Основания теории множеств. М.: Мир, 1966.

*Spoohn W.* Causation, Coherence and Concepts. A Collection of Essays. Boston Studies in the Philosophy of Science. V. 256. Wien: Springer Science + Business Media B. V., 2009.

### **Typology of investigations and formal descriptions of various lawlike regularities**

*I. O. Aleksandrov (Institute of Psychology, Russian Academy of Sciences, Moscow),*

*N. E. Maksimova (Institute of Psychology, Russian Academy of Sciences, Moscow)*

For three types of investigations, introduced by D. Campbell, specific hypotheses about three types of lawlike regular relations between variables, i. e. equivalency (for pre-experiment), conjugacy (for quasi-experiment), and generation (for true experiment) were formulated. These lawlike regularities could be formally defined in the axiomatic algebraic framework of relations. Formal descriptions are the bases for operationalization of lawlike regularities through empirical procedures necessary and sufficient to test hypotheses about three types of regularities. It was found that for maintenance of logical as well as empirical continuity in sequence “pre-experiment—quasi-experiment—true experiment” several new types of lawlike regularities, provided by algebra of relations, should be operationalized and introduced as new type of investigation.

*Keywords:* typology of investigations, lawlike regularities, axiomatics, algebra of relations.

# КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ КАЧЕСТВЕННЫХ ДАННЫХ<sup>1</sup>

*В. Н. Носуленко (Институт психологии РАН, Москва)*

valery.nosulenko@gmail.com

В статье кратко изложены главные положения методологии получения и анализа вербализаций, а также ряд условий, обеспечивающих возможность их преобразования в количественную форму, что необходимо для выявления причинно-следственных связей между составляющими воспринимаемого качества и наблюдаемыми характеристиками внешней среды.

*Ключевые слова:* воспринимаемое качество, вербализация, сравнение, качественно-количественный анализ данных.

В последнее время особую актуальность приобретает проблема эмпирического исследования психологических характеристик человека в естественных условиях его жизни и деятельности. Практика требует анализа взаимодействия людей друг с другом и со средой (прежде всего, технологической) в реальных ситуациях, а не только в рамках контролируемого лабораторного эксперимента. Эмпирическое исследование как средство моделирования таких ситуаций предполагает объединение разных, прежде независимых подходов и методов, в том числе качественных и количественных (Носуленко, 2007, 2010, 2021).

Один из путей такого моделирования дает парадигма воспринимаемого качества – субъектно-ориентированная методология качественно-количественного исследования восприятия, общения и деятельности человека в контексте его естественного окружения (Носуленко, 2007). В рамках этой парадигмы исходным этапом анализа является совокупность субъективно значимых характеристик (воспринимаемое качество) окружающей среды, которая затем соотносится с наблюдаемыми и измеряемыми параметрами среды (объектов, событий, деятельности). Содержание воспринимаемого качества может быть об-

---

<sup>1</sup> Исследование выполнено по Государственному заданию № 0138-2023-0006; ЕГИСУ НИОКТР № 121041500254-5.

наружено в вербализациях человека, получаемых в коммуникативной ситуации (в общении), т. е. с помощью качественных методов. Важно отметить, что речь идет о таких вербализациях, в которых человек описывает не свои переживания (как в методе интроспекции или самонаблюдения), а предметы и события окружающего мира, т. е. то, что он видит, слышит или ощущает.

Моделью коммуникативной ситуации, в которой может быть выявлено содержание воспринимаемого качества является *ситуация референтного общения* (Носуленко, Самойленко, 2020; Самойленко, 2010). Она организуется таким образом, чтобы задачей участника исследования было описать другим участникам (или исследователю, экспериментатору) свои представления о некотором объекте таким образом, чтобы они поняли характеристики этого объекта. Важным условием, при котором в вербализациях будет сохранена иерархия значимости составляющих воспринимаемого качества разных объектов, является их сравнение в процессе описания (Самойленко, 2010). Поэтому еще одной задачей участника эмпирического исследования будет вербальное сравнение объектов между собой. Задача сравнения может быть усилена дополнительной задачей, например, оценки сходства/различия между объектами.

Единицей «измерения» составляющих воспринимаемого качества является величина относительной представленности вербальной единицы, выделенной из текстов вербализации и закодированной таким образом, чтобы была сохранена ее уникальность. В качестве вербальных единиц рассматриваются более или менее развернутые вербальные высказывания, отражающие отдельные аспекты или целостные сущности воспринимаемых объектов (Носуленко, 2007; Самойленко, 2010). Важно подчеркнуть, что речь идет именно о «выделении» вербальных единиц, а не о «расчленении» текста вербализации. Это означает возможность интегрировать в одной вербальной единице различные участки текста или даже «реконструировать» некоторые вербальные единицы. При этом в качестве вербальной единицы может выступать и высказывание, сообщающее не только о наличии какой-либо характеристики воспринимаемого объекта, но и о ее отсутствии. Например, из высказывания «*В отличие от первого во втором звуке слышны металлические щелчки*» для одного объекта выделяется вербальная единица «*металлические щелчки*», а для другого создается вербальная единица «*нет металлических щелчков*», поскольку участник подчеркивает отсутствие щелчков. Однако в случае высказывания «*Во втором зву-*

ке слышны *металлические щелчки*» выделяется только одна вербальная единица — *«металлические щелчки»*, поскольку участник ничего не говорит о характеристиках другого звука.

Выделенная таким образом вербальная единица может рассматриваться как точка объединения с данными, полученными другими методами, как качественными, так и количественными, в том числе инструментальными. Например, с результатами шкальных оценок сходства сравниваемых объектов, с данными измерения их физических параметров, с особенностями участника, измеренными с помощью личностных тестов и т. д. Такая интеграция разных данных лежит в основе теоретической и методической триангуляции, направленной на определение закономерных отношений не только между эмпирическими данными, но и методами исследования, принадлежащими к разным научным направлениям (подробнее о вопросах интегративного анализа данных см.: Носуленко, 2021). Важным условием концептуальной интеграции данных является индуктивный подход к их анализу, дающий исследователю возможность формирования гипотез и интерпретации результатов анализа непосредственно в процессе накопления качественного и количественного материала. При этом разные совокупности качественных данных получают количественный показатель значимости для их сопоставления между собой, т. е. преобразуются в количественную форму.

При кодировании вербальных единиц прежде всего определяется, как организовано вербальное сравнение объектов. Сначала устанавливается, отражает ли вербальная единица *сходство* сравниваемых объектов (*«оба звука громкие»*) или *различие* (*«первый громкий, второй резкий»*). Затем определяется характер обобщенности вербальной единицы: дается ли *общая основа* сравнения объектов (*«похожи по звонкости»*) либо выделяется их *конкретная особенность* (*«громкий»*). Конкретные особенности дифференцируются на *классификационное сравнение*, позволяющее разделить объекты на разные классы (*«первый громкий, а второй резкий»*), либо на *градуальное* в рамках одного класса характеристик (*«первый громче второго»*). В экспериментальных исследованиях было показано, что соотношение этих вербальных приемов сравнения может рассматриваться в качестве количественного индикатора субъективно оцениваемой величины различия сравниваемых объектов (Носуленко, 2007; Самойленко, 2010).

На последующих этапах кодирования вербальные единицы дифференцируются в соответствии с представленностью тех или иных ка-

тегорий и группируются по основанию семантической близости. В результате формируются дескрипторы и строятся «вербальные портреты», в которых количественно установлена иерархия субъективно значимых характеристик. Если содержание вербального портрета позволяет идентифицировать объект в контексте аналогичных, то он становится эмпирическим референтом воспринимаемого качества этого объекта (Носуленко, 2007).

Для получения дескрипторов, сбалансированных относительно каждого из изучаемых объектов, необходимо применять процедуру попарного сравнения. Однако такие исходные дескрипторы не всегда достаточно информативны при выборе заданного объекта в контексте нескольких. Для повышения информативности вербального портрета были разработаны и апробированы специальные правила представления дескриптора. В соответствии с этими правилами в вербальный портрет включается тот дескриптор, который значимо чаще используется в описаниях различия объектов, чем в описаниях сходства. При этом, если значимо преобладают классификационная форма дескриптора «*X*», то в вербальный портрет включается термин «*X*», а в случае градуального описания – термин «*более (менее) X*». Выполнение этих правил позволяет существенно повысить значимость количественной представленности разных составляющих вербального портрета, что обеспечивает высокие показатели правильной идентификации объектов по его содержанию (Носуленко, Самойленко, 2020).

## **Заключение**

Воспринимаемое качество является своеобразным «измерительным инструментом» эмпирического исследования, позволяющим раскрыть субъективный мир человека и оценить внешние объекты с точки зрения отношения к ним субъекта. Исходный материал для определения составляющих воспринимаемого качества содержится в вербализациях человека. Возможность качественно-количественного анализа вербальных данных обеспечивается процедурами вербального сравнения воспринимаемых объектов. Экспериментальная ситуация должна строиться в соответствии с моделью референтного общения. Т. е. задача участника заключается в вербальном описании внешних объектов таким образом, чтобы по этому описанию можно было понять, о каком из сравниваемых объектов говорится, какие именно особенности объектов определяют их различия, а по каким они сходны и т. д.

## **Литература**

- Носуленко В. Н.* Вопросы интеграции качественных и количественных методов в психологическом исследовании // Экспериментальная психология. 2021. Т. 14. № 3. С. 4–16. doi: 10.17759/expps.2021140301
- Носуленко В. Н.* О проблеме моделирования в психологическом эксперименте // Математическая психология / Под ред. А. Л. Журавлева, Т. Н. Савченко, Г. М. Головиной. М.: Изд-во Институт психологии РАН», 2010. С. 157–176.
- Носуленко В. Н.* Психофизика восприятия естественной среды. Проблема воспринимаемого качества. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2007.
- Носуленко В. Н., Самойленко Е. С.* Распознавание сложных звуков по их вербальным портретам // Психологический журнал. 2020. Т. 41. № 5. С. 25–37. doi: 10.31857/S020595920011078-1
- Самойленко Е. С.* Проблемы сравнения в психологическом исследовании. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2010.

## **Quantitative analysis of qualitative data**

*V. N. Nosulenko (Institute of Psychology Russian Academy of Sciences, Moscow)*

The article briefly outlines the methodology for obtaining and analyzing verbalizations, as well as a number of conditions that ensure the possibility of their transformation into quantitative form, which is necessary to identify causal relationships between the components of perceived quality and the observed characteristics of the external environment.

*Keywords:* perceived quality, verbalization, comparison, qualitative-quantitative data analysis.

## МЕТАНЕТРАНЗИТИВНЫЕ ОТНОШЕНИЯ ПРЕВОСХОДСТВА МЕЖДУ ВЫБОРКАМИ И ВНУТРИ ИХ ПОДВЫБОРОК<sup>1</sup>

*А. Н. Поддьяков (НИУ «Высшая школа экономики», Москва)*

apoddiakov@hse.ru

Нетранзитивные отношения превосходства (по принципу игры «камень, ножницы, бумага») встречаются в самых разных областях. Разрабатываются математические модели этих отношений. Интерес здесь могут представлять некоторые теоретические возможности, пока не подтвержденные реальными данными. Вводится понятие метанетранзитивности – нетранзитивных циклов превосходства, внутри которых имеются вложенные циклы превосходства и т. д. Приведен числовой пример метанетранзитивности 1-го порядка на гипотетическом материале круговых шахматных турниров на уровне классов и школ (команды трех классов А, В, С в каждой школе образуют свой нетранзитивный цикл превосходства, при этом круговой турнир между школами тоже обнаруживает нетранзитивный цикл превосходства). Пример с силой шахматистов можно заменить на другой, где у участников выборов и подвыборок оценивается какой-то другой параметр, – принцип метанетранзитивности останется прежним. Предположительно, можно доказать теоретическую возможность метанетранзитивных циклов произвольно большого порядка. При этом в практическом плане было бы интересно обнаружить на реальных данных пример метанетранзитивности хотя бы 1-го порядка.

*Ключевые слова:* нетранзитивные отношения превосходства, метанетранзитивность, числовые примеры.

Нетранзитивные отношения превосходства (по принципу игры «камень, ножницы, бумага») встречаются в самых разных областях – от биологии до наук о поведении. Разрабатываются математические модели этих отношений разной сложности. Интерес здесь могут представлять некоторые теоретические возможности, пока не подтвержденные реальными данными. Начну с подводящего примера.

---

<sup>1</sup> Исследование выполнено при поддержке РФФ, проект № 23-18-00695.

Более 60 лет назад Л. Мозер показал, что соотношение между силой шахматистов трех команд (в каждой команде по 3 шахматиста) может быть таким, что в круговом турнире, где каждый участник встречается с каждым из двух других команд, будет наблюдаться следующее. Большинство шахматистов первой команды будут сильнее большинства шахматистов второй (и первая команда выиграет у второй), большинство шахматистов второй команды будет сильнее большинства шахматистов третьей (и вторая команда выиграет у третьей), а большинство шахматистов третьей команды будет сильнее большинства шахматистов первой (и третья команда выиграет у первой, как в игре «камень, ножницы, бумага»). Это возможно, например, если в команде А шахматисты имеют силу (в неких условных единицах) 2, 4, 9, в команде В – силу 3, 5, 7, а в команде С – силу 1, 6, 8.

Как показывают А. А. Корнеев и А. Н. Кричевец, такого типа соотношения (а приведенное – далеко не единственное) заставляют критически пересмотреть условия применимости критерия Манна–Уитни. «Мы видим, что при попарных сравнениях нарушена транзитивность отношения превосходства на „центральных тенденциях по Манну–Уитни“. Это показывает, что при более серьезном нарушении условия применимости критерия само понятие „центральная тенденция по Манну–Уитни“ некорректно. (Размножая экземпляры, можно добиться значимого циклического превосходства)» (Корнеев, Кричевец, 2011, с. 108; см. также: Thangavelu, Brunner, 2007). Этот критерий направлен на выявление превосходства одной выборки над другой по некоторому параметру. Аналогично может быть так, что большинство школьных оценок ученика А выше большинства оценок ученика В, большинство оценок ученика В выше большинства оценок ученика С, а большинство оценок ученика С выше большинства оценок ученика А (Буфеев, 2014). Это может касаться и оценок трех учеников по одному предмету – они тоже могут образовывать нетранзитивный цикл превосходства.

В 2021 г. мы ввели понятие метанетранзитивности (или метанетранзитивных циклов). Это нетранзитивные циклы превосходства, внутри которых имеются вложенные циклы превосходства, и т. д. (Поддьяков, 2021; Poddiakov, Lebedev, 2023). Количество уровней вложенных нетранзитивных циклов – это порядок метанетранзитивности. Если имеется один уровень вложенных нетранзитивных циклов, то имеет место метанетранзитивность 1-го порядка, если два уровня – то метанетранзитивность 2-го порядка, и т. д. Но чисто числовых приме-

ров метанетранзитивности не было. Ниже я описываю такой пример. Оценку вероятности обнаружения метанетранзитивных циклов превосходства на реальных данных не даю (такие данные пока не найдены), а лишь показываю теоретическую возможность их существования.

Пусть в каждой из трех школ  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  есть по три класса  $A$ ,  $B$ ,  $C$ . В школе  $X$  это классы  $A_x$ ,  $B_x$ ,  $C_x$ , в школе  $Y$  – классы  $A_y$ ,  $B_y$ ,  $C_y$ , в школе  $Z$  – классы  $A_z$ ,  $B_z$ ,  $C_z$ . В каждом классе по три шахматиста со следующими оценками силы в неких условных единицах.

В классе  $A_x$  – шахматисты силой 22, 41, 93; в  $B_x$  – 21, 43, 92; в  $C_x$  – 23, 42, 91.  
В классе  $A_y$  – шахматисты силой 12, 61, 83; в  $B_y$  – 11, 63, 82; в  $C_y$  – 13, 62, 81.  
В классе  $A_z$  – шахматисты силой 32, 51, 73; в  $B_z$  – 31, 53, 72; в  $C_z$  – 33, 52, 71.

Положим, что шахматист большей силы всегда выигрывает у шахматиста меньшей силы. Можно убедиться, что команды трех классов  $A$ ,  $B$ ,  $C$  в каждой школе образуют свой нетранзитивный цикл превосходства (в круговом турнире в каждой школе классы будут побеждать друг друга по принципу «камень, ножницы, бумага»). При этом круговой турнир между школами тоже выявит нетранзитивный цикл превосходства: большинство шахматистов школы  $X$  сильнее большинства шахматистов школы  $Y$ , большинство шахматистов школы  $Y$  сильнее большинства шахматистов школы  $Z$ , большинство шахматистов школы  $Z$  сильнее большинства шахматистов школы  $X$ .

Пример с силой шахматистов можно заменить на другой, где у участников выборки и подвыборки оценивается какой-то другой параметр, – принцип метанетранзитивности останется прежним.

По аналогии я разработал пример метанетранзитивности более высокого 2-го порядка. В нем фигурируют уже не только классы и школы, но и районы города. Не привожу этот пример здесь из-за объема – он содержит 81 трехзначное число (а не 27 двузначных, как в примере метанетранзитивности 1-го порядка, приведенном выше). Предположительно можно доказать теоретическую возможность метанетранзитивных циклов произвольно большого порядка (с произвольно большим количеством уровней вложенных нетранзитивных циклов превосходства) и построить алгоритм генерации соответствующих численных примеров.

При этом в практическом плане было бы интересно обнаружить на реальных данных пример метанетранзитивности хотя бы 1-го порядка. (Реальные примеры просто нетранзитивных циклов превосходства без метанетранзитивности имеются во множестве в самых разных областях.)

## Литература

- Буфеев С. Парадокс нетранзитивных отношений // Учительская газета. 2014. № 48–49. С. 25. URL: <https://ug.ru/paradoks-netranzitivnyh-otnoshenij> (дата обращения: 21.06.2015).
- Корнеев А. А., Кричевец А. Н. Оценка критериев Стьюдента и Манна–Уитни при различных нарушениях условий их применимости // Психологический журнал. 2011. Т. 32. № 1. С. 97–110.
- Поддьяков А. Н. Понимание нетранзитивности превосходства и объекты экспериментального интереса в разных областях и парадигмах. Презентация доклада на заседании научно-теоретического семинара «Формальная философия» 30 июня 2021 г. URL: <https://www.researchgate.net/publication/352856372> (дата обращения: 30.08.2021).
- Poddiakov A., Lebedev A. V. Intransitivity and meta-intransitivity: meta-dice, levers and other opportunities // European Journal of Mathematics. 2023. V. 9. Art. 27. doi:10.1007/s40879-023-00618-z
- Thangavelu K., Brunner E. Wilcoxon–Mann–Whitney test for stratified samples and Efron’s paradox dice // Journal of Statistical Planning and Inference. 2007. № 3. P. 720–737. doi:10.1016/j.jspi.2006.06.00

## Meta-intransitive superiority relations between samples and subsamples

*A. N. Poddiakov (HSE University, Moscow)*

Intransitive relations of superiority (like in rock-paper-scissors game) are described in various fields. Their mathematical models are being built. Here, some theoretical opportunities (even not confirmed with real data) can be of interest. A concept of meta-intransitivity – intransitive cycles containing nested intransitive cycles etc. – is introduced. A numerical example of meta-intransitivity of the 1<sup>st</sup> order based on hypothetical material of chess round-robin tournaments between schools and the schools’ classes is given. Supposedly, it is possible to prove a theoretical opportunity of meta-intransitive cycles of arbitrary high orders. Practically, it would be of interest to find at least one real example of meta-intransitivity of the 1<sup>st</sup> order.

*Key words:* intransitive relations of superiority, meta-intransitivity, numerical examples.

# ПРИЛОЖЕНИЯ КВАНТОВЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ В ПСИХОДИАГНОСТИКЕ<sup>1</sup>

*Л. С. Куравский (Московский государственный  
психолого-педагогический университет, Москва)*

*l.s.kuravsky@gmail.com*

*Г. А. Юрьев (Московский государственный психолого-педагогический  
университет, Москва)*

*g.a.yuryev@gmail.com*

*С. С. Ермаков (Московский государственный психолого-педагогический  
университет, Москва)*

*ermakovss@mgppu.ru*

*Е. А. Савенков (Московский государственный психолого-педагогический  
университет, Москва)*

*easavenkov42@gmail.com*

Представлен новый подход к созданию адаптивных систем психологической диагностики, которые могут рассматриваться как средства искусственного интеллекта для оценки деятельности испытуемых. Его применение опирается на свертку прикладных марковских процессов, представляющих диагностическую процедуру, в квантовые представления, что позволяет выявить структуру исследуемых процессов с помощью квантового спектрального анализа.

*Ключевые слова:* психологическая диагностика, квантовые представления, марковские процессы, квантовая фильтрация.

## **Введение**

Представлен новый фундаментальный подход к созданию систем психологической диагностики, которые могут рассматриваться как средст-

---

<sup>1</sup> Исследование выполнено по Госзаданию № 073-00038-23-02.

ва искусственного интеллекта для оценки компонентов деятельности испытуемых, проявляющихся при выполнении специализированных форм заданий. Предложенные в рамках этого подхода математические модели и методы обеспечивают возможность для разработки и программной реализации средств адаптивной диагностики. В частности, рассмотрен новый подход к решению задач диагностики путем свертки прикладных марковских моделей в квантовые представления, что позволяет выявлять структуру процесса выполнения заданий с помощью квантового спектрального анализа.

Анализ литературы по тематике проведенных исследований позволяет утверждать, что представленные далее результаты обладают значительной новизной и имеют существенные преимущества по сравнению с современными зарубежными и отечественными аналогами (Kuravsky, 2021).

### ***1. Марковский процесс как математическая модель диагностической процедуры***

Для реализации диагностических процедур применяется марковский процесс с дискретными состояниями и непрерывным временем, для которого известны начальные распределения вероятностей и наблюдаемые частоты нахождения в состояниях процесса, интенсивности переходов между состояниями являются идентифицируемыми параметрами рассматриваемых моделей.

Полагается, что каждый испытуемый имеет одну из заданных оценок диагностического уровня. Вероятности пребывания в состояниях процесса, как функции времени, определяются системой обыкновенных дифференциальных уравнений Колмогорова в матричной форме.

Для определения того, как вероятности пребывания в состояниях изменяются со временем, используется марковский процесс, представляющей собой конечную цепь из  $2n+2$  состояний. Состояния  $x_k$  и  $x_k^*$  соответствуют фрагментам заданий, представляющим  $k$ -е содержательные уровни процесса оценки. Для каждого  $k$  может быть определен свой собственный адаптирующийся к возможностям испытуемого набор заданий с релевантным содержанием. Когда испытуемый находится в состоянии  $x_k$ , назначенное для выполнения тестовое задание адаптивно выбирается из множества возможных вариантов, соответствующих данному состоянию. Каждое задание имеет свои

ограничения, в том числе по времени выполнения. Переходы между состояниями определяются правилами, обеспечивающими для испытуемого адаптивность диагностической процедуры.

Полагается, что в начальный момент времени испытуемый находится в состоянии  $x_0$ . Функционально состояния  $x_k^*$  выполняют роль своего рода «ловушек» для тех испытуемых, которым не удастся уложиться в заданные лимиты времени или другие ограничения при выполнении заданий.

Зная состояние процесса, в котором испытуемый в определенный момент времени оказывается после выполнения текущего задания, а также соответствующие прогнозируемые вероятности пребывания в состояниях процесса, которые можно рассчитать с помощью уравнений Колмогорова для каждого диагностического уровня, с помощью формулы Байеса оцениваются апостериорные вероятности диагностических уровней подготовки испытуемого. Оценка диагностического уровня, при которой достигается наибольшее значение условной апостериорной вероятности, является искомой.

Процесс обхода состояний рассматриваемых марковских процессов прерывается, если указанное выше наибольшее значение условной апостериорной вероятности  $P(C_{\max}|S(t))$  превысит все оставшиеся значения апостериорных вероятностей  $\{P(C_l|S(t))\}_{l=1, \dots, z}$  не менее, чем на установленное критическое значение  $\Delta p_*$ . После этого адаптивная оценка диагностического уровня устанавливается по текущему результату.

Параметры марковского процесса идентифицируются по наблюдаемым и прогнозируемым гистограммам, представляющим распределения частот пребывания в состояниях процесса. Вычисляются оценки этих параметров, обеспечивающие наибольшее согласование между наблюдаемыми и прогнозируемыми частотами пребывания в контрольных состояниях процесса в заданные моменты времени.

Для решения задачи идентификации разработан специальный численный метод. При ограниченном объеме эмпирических данных интенсивности переходов между состояниями могут приближенно оцениваться как обратные величины к средним интервалам времени между двумя смежными переходами в соответствующем направлении, что является наиболее практичным решением в случае эмпирических данных ограниченного объема.

## **2. Распознавание типов испытуемых на основе квантовой фильтрации: описание процедуры**

Эффективность диагностической процедуры может быть существенно повышена путем свертки прикладных марковских моделей в квантовые представления, используя методы, рассмотренные в работах (Ермаков и др., 2023; Kuravsky, 2022; Kuravsky et al., 2023).

Последовательное выполнение:

- 1) свертки марковских процессов, описывающих динамику обхода состояний марковской цепи, представляющих результат прохождения диагностической процедуры, в квантовые представления (каждому рассматриваемому типу испытуемых при этом ставится в соответствие свое квантовое представление);
- 2) генерации выборок траекторий прохождения кластеров состояний, формирующих указанные квантовые представления, в соответствии с матрицами вероятностей переходов марковских процессов, описывающих динамику обхода состояний марковской цепи (каждому типу испытуемых соответствует свое множество траекторий прохождения кластеров состояний фиксированного объема);
- 3) вычисления элементов матриц взаимных расстояний для пар множеств сгенерированных траекторий прохождения кластеров состояний в спектральной метрике с выполнением следующих условий:
  - каждой паре рассматриваемых типов испытуемых соответствует своя пара указанных сгенерированных множеств;
  - эти матрицы вычисляются для одного и того же разбиения на кластеры, полученного, используя матрицу вероятностей переходов первого типа пары для всех траекторий, входящих в указанную пару множеств;
- 4) представления указанных в п. 3 траекторий в виде точек в пространстве заданной размерности с помощью процедуры многомерного шкалирования;
- 5) вычисления статистик Уилкса для указанных в п. 4 сгенерированных пар множеств точек в пространстве шкалирования, представляющих рассматриваемые пары типов траекторий;
- 6) вычисления для траекторий прохождения кластеров состояний, соответствующих исследуемому испытуемому, ближайших паттернов прохождения кластеров состояний, соответствующих их распознаваемым типам и определяющих этим искомым результат клас-

сификации, используя в качестве меры близости указанные в п. 5 попарные статистики Уилкса, повышает эффективность распознавания типов испытуемых по сравнению с методом, опирающимся на байесовские оценки. Сложность данной вычислительной процедуры, далее называемой квантовой фильтрацией, компенсируется качеством получаемого результата.

Практический пример применения рассмотрен в статье (Куравский и др., 2023).

## **Выводы**

Представлен новый подход к созданию систем психологической диагностики, которые могут рассматриваться как средства искусственного интеллекта для оценки компонентов деятельности испытуемых, проявляющихся при выполнении специализированных заданий. Применение разработанного подхода опирается на свертку прикладных марковских процессов в квантовые представления.

Преобразование марковских моделей в квантовые представления позволяет выявить структуру исследуемых процессов с помощью квантового спектрального анализа. На основе квантовых представлений построена процедура квантовой фильтрации.

Квантовая фильтрация существенно повышает эффективность распознавания типов испытуемых по сравнению с методами, опирающимися на байесовские оценки и оценки правдоподобия. Эффективность этой процедуры обусловлена использованием дополнительной скрытой информации, выявляемой с помощью квантового спектрального анализа, а также взаимной компенсацией разнонаправленных сдвигов точек в пространстве шкалирования, представляющих выборки траекторий прохождения кластеров состояний при вычислении статистик Уилкса.

## **Литература**

*Ермаков С. С., Шепелева Е. А., Савенков Е. А.* Анализ возможностей метода компьютеризированного адаптивного подхода к задачам психологической диагностики и обучения // Экспериментальная психология. 2023 (в печати).

*Куравский Л. С., Юрьев Г. А., Юрьева Н. Е., Николаев И. А., Несимова А. О., Поляков Б. Ю., Козырев А. Д.* Построение систем психологической

диагностики на основе новых математических представлений // Экспериментальная психология. 2023. Т. 16. № 2. С. 178–202. doi: 10.17759/exppsy.2023160211

*Kuravsky L. S.* Modelling Dynamical behavior of stochastic systems: spectral analysis of qubit representations vs the mutual Markovian model likelihood estimations // *Lobachevskii J. Math.* 2021. V. 42 (10). P. 2364–2376.

*Kuravsky L. S.* Simplification of solving diagnostics problems by convolution of applied Markovian models into the quantum representations // *Lobachevskii J. Math.* 2022. V. 43 (7). P. 1669–1682.

*Kuravsky L. S., Greshnikov I. I., Zlatomrezhev V. I., Yuryev G. A.* Synthesis of Civil Aircraft Control using Empirical Data and Quantum Filtering // *Lobachevskii J. Math.* 2023. V. 44 (6). P. 2079–2100.

### **Applications of quantum computing in psychodiagnostics**

*L. S. Kuravsky (Moscow State University of Psychology and Education, Moscow)*

*l.s.kuravsky@gmail.com*

*G. A. Yuryev (Moscow State University of Psychology and Education, Moscow)*

*g.a.yuryev@gmail.com*

*S. S. Ermakov (Moscow State University of Psychology and Education, Moscow)*

*ermakovss@mgppu.ru*

*E. A. Savenkov (Moscow State University of Psychology and Education, Moscow)*

*easavenkov42@gmail.com*

Suggested is a new approach to development of the adaptive systems for psychological diagnostics, which can be considered as artificial intelligence tools for assessing the subject activities. It is based on the convolution of the applied Markovian process representing a diagnostic procedure under study into the quantum representation, which makes it possible to reveal the structure of this procedure with the aid of the quantum spectral analysis.

*Key words:* psychological diagnostics, quantum representations, Markovian processes, quantum filtering.

# АНАЛИЗ ПОВЕДЕНЧЕСКИХ ШАБЛОНОВ РАВНОЗНАЧНОГО ВЫБОРА. СИНТЕЗ МЕТОДОВ СТАТИСТИКИ И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ЭКОСИСТЕМЕ ДАННЫХ<sup>1</sup>

*Д. Ю. Волченков (Texas Tech University, USA)*

dimitri.volchenkov@ttu.edu

*А. Н. Лебедев (Институт психологии РАН, Москва)*

lebedevan@ipran.ru

Обилие субъективно эквивалентных альтернатив снижает индивидуальную вариативность выбора. Используя синтез статистических и машинных методов анализа данных эксперимента, мы продемонстрировали, что, ограничив диапазон доступных альтернатив выбора, мы можем добиться большей вариативности человеческого поведения.

*Ключевые слова:* парадокс выбора; шаблоны поведения; методы анализа данных.

## **Введение — связь между статистикой и методами машинного обучения в экосистеме данных**

В 1746 г. профессор Г. Ахенвалль заменил название своего курса *Staatskunde* (государствоведение) на *Statistik*. Новая наука о государстве опиралась на свойства устойчивых распределений, которые получаются как пределы по распределению сумм независимых случайных величин. Центральная предельная теорема утверждает, что распределение среднего значения выборки, формирующейся под воздействием многих случайных факторов, приблизительно нормально (гауссово), если размер выборки достаточно велик. Нормальное распределение плохо описывает данные, для которых среднее значение не репрезентативно, а данные зависимы между собой.

Методы машинного обучения (МО) обрели актуальность в связи с необходимостью обработки данных огромных объемов и значитель-

<sup>1</sup> Исследование выполнено по Госзаданию № 0138-2023-0005.

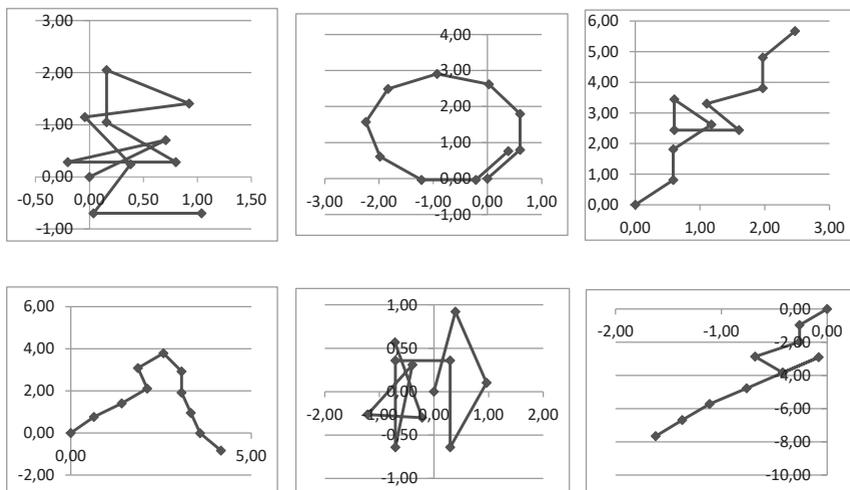
ного многообразия — Больших данных. Методы МО можно описать как геометризацию данных в пространстве индивидуальных измеримых свойств или характеристик наблюдаемого явления — признаков. Геометрия такого пространства оказывается высокоразмерной и неевклидовой, поэтому описание данных в парадигме МО сводится к поиску малоразмерного геометрического многообразия, объясняющего зависимости и кластеры данных наилучшим образом.

Связь между статистическими и МО методами лучше всего объяснить в терминах стабилизирующей и диверсифицирующей форм естественного отбора. Статистические методы описывают, насколько хорошо данные репрезентируются некоторым средним значением признака в выборке, когда крайние его значения не важны или выбраковываются, как в рамках стабилизирующего отбора в популяции. МО описывает наблюдаемое разнообразие в совокупности данных, идентифицируя различные кластеры в условиях, когда среднее значение не репрезентативно, как в рамках диверсифицирующего отбора. Синтез статистических и машинных методов, таким образом, позволяет говорить об экосистеме данных, в которой исследователь занят отбором наблюдаемых характеристик явления с целью их эффективной интерпретации.

### **Анализ поведенческих шаблонов в условиях равнозначного выбора**

В эксперименте каждому испытуемому давали тетрадь с 10 чистыми страницами и просили поставить точку в центре первой страницы и представить круг вокруг центральной точки, не выходящий за пределы страницы (Rathnayake et al., 2022). Затем испытуемого просили провести прямую линию от центральной точки страницы к воображаемому кругу в любом направлении. После рисования линии испытуемых просили перевернуть страницу (во избежание когнитивного вмешательства направления новой линии в направление ранее проведенной линии) и снова повторить те же операции на новой странице и т. д. на всех 10 страницах блокнота. На первом этапе эксперимента никаких указаний относительно направлений рисования линий на последовательных страницах не давалось: все линии могли быть начерчены под одним и тем же углом или под разными углами, по желанию испытуемого. Были записаны десять углов, представляющих направления линий, нарисованных каждым субъектом. После получения результатов экспериментатор измерял угол наклона линий в протоколе

каждого испытуемого. Результаты рассматривались как последовательность векторов движений, вносились в базу данных в виде углов наклона прямой к условной линии горизонта, обрабатывались с помощью небольшой компьютерной программы и изображались в виде графиков, показанных на рисунке 1.

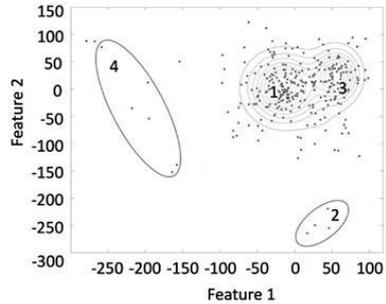
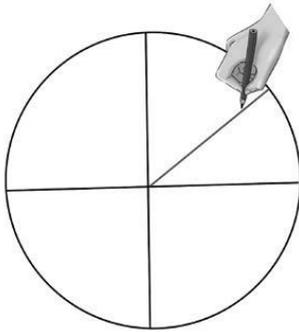


**Рис. 1.** Примеры индивидуальных графиков испытуемых по результатам выполнения экспериментального задания первого этапа

На втором этапе эксперимента испытуемым предлагалось сделать то же самое, но без правого верхнего угла (первый квадрант был исключен). На третьем этапе эксперимента исключались первый и четвертый квадранты. Эксперименты были поставлены на трех гендерно-сбалансированных группах студентов, средний возраст которых составлял 25 лет (возраст, склонный к случайному принятию решений – Gauvrit et al., 2017). В ходе эксперимента мы не обнаружили гендерных особенностей в поведении испытуемых.

Каждая ломаная линия (рисунок 1) задается 10 углами в их последовательности, как и точка на поверхности единичной 5-мерной сферы. Таким образом, возникает естественная дистанция между различными ломаными линиями – длина дуги между точками на поверхности единичной 5-мерной сферы. Похожие последовательности углов оказываются близко на сфере, а непохожие – далеко.

Для идентификации кластеров мы использовали алгоритм ближайшего соседа и модель гауссовой смеси. Схема первого этапа эксперимента показана на рисунке 2а, а обнаруженные 4 кластера (группы испытуемых), соответствующие некоторым поведенческим шаблонам в ситуации выбора, – на рисунке 2б. В группах 1 и 3 испытуемые рисовали ломаные линии, используя углы, кратные  $45^\circ$ . Автокорреляционные функции последовательных углов ломаных линий в группах 1 и 3, показанные на рисунке 3а и в, соответственно, имеют пики с угловым шагом  $45^\circ$ . Радиальные гистограммы углов в группах 1 и 3, показанные на рисунке 3б и г, также указывают на шаг в  $45^\circ$ . При этом вертикальное направление и угол  $45^\circ$  в первом квадранте использовались испытуемыми данных групп наиболее часто.



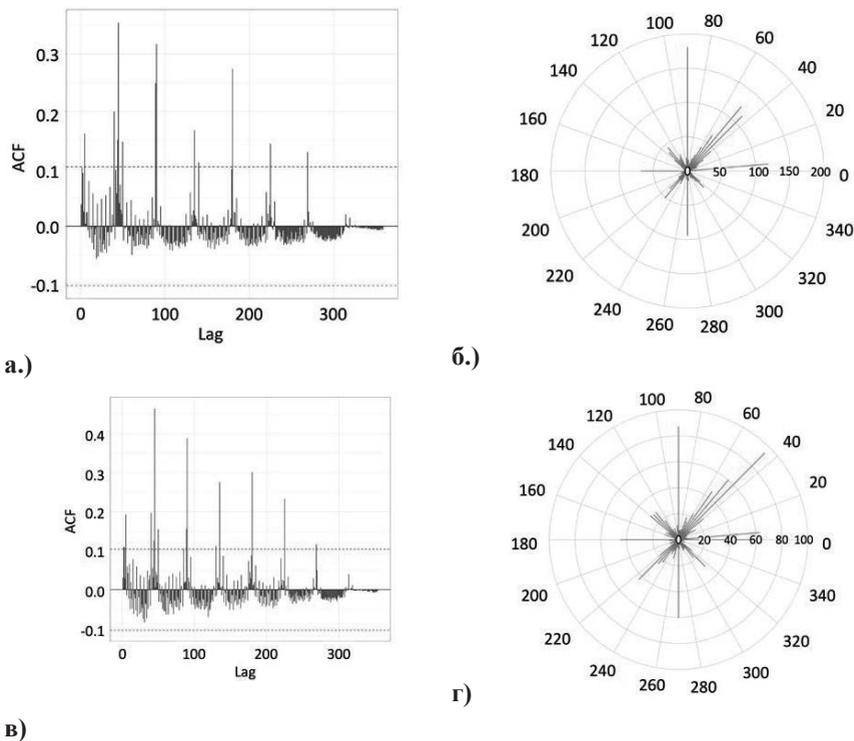
а)

б)

**Рис. 2.** а) Схема первого этапа эксперимента. б) Обнаруженные кластеры (поведенческие шаблоны) испытуемых в плоскости главных признаков

Испытуемые в группах 2 и 4 предпочитали использовать угловой шаг  $90^\circ$ . Соответствующие автокорреляционные функции последовательных углов ломаных линий приведены на рисунках 4а и в, а радиальные гистогораммы – на рисунках 4б и г.

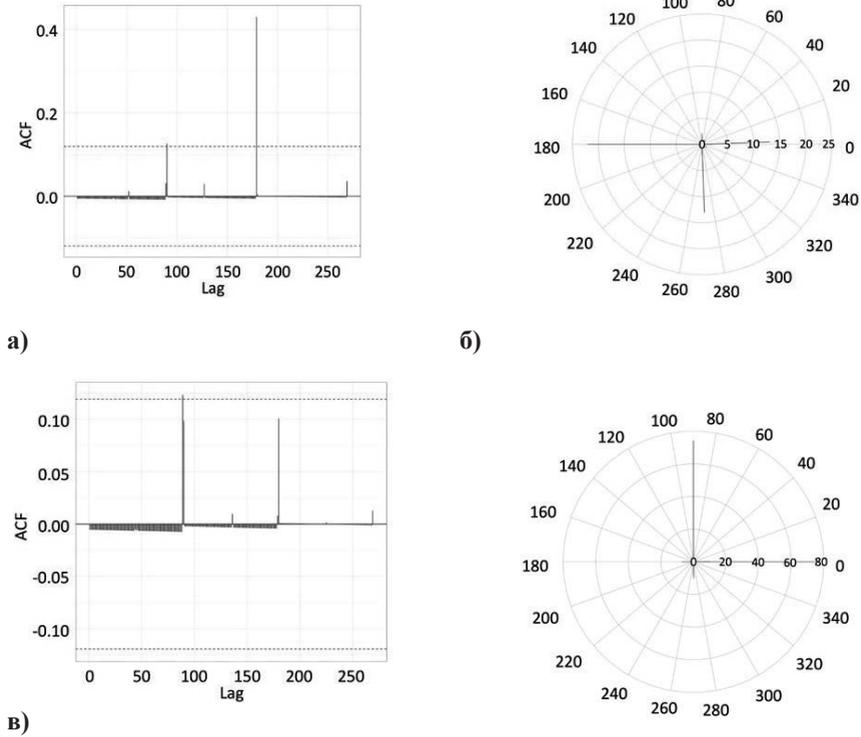
На втором этапе эксперимента запрет на использование первого квадранта изменил поведение испытуемых – кластеры исчезли (см. рисунок 5б). Хотя угловой шаг, кратный  $45^\circ$ , по-прежнему оставался статистически значимым выбором направления линии во втором эксперименте (см. рисунок 5в), испытуемые проводили линии не только



**Рис. 3.** Результаты первого этапа эксперимента – группы 1 и 3: а) автокорреляционная функция последовательных углов ломаных линий в группе 1; б) радиальная гистограмма углов в группе 1; в) автокорреляционная функция последовательных углов ломаных линий в группе 3; г) радиальная гистограмма углов в группе 3

вдоль главных осей, но и под промежуточными углами, видимо, пытаясь более равномерно покрыть доступный угловой сектор.

Наконец, на третьем этапе эксперимента было запрещено использовать всю правую часть окружности (см. рисунок 6а). Общие для всех испытуемых шаблоны выбора направлений рисования линий исчезли. Углы охватывают почти весь допустимый сектор, хотя чаще всего использовались направления, близкие к биссектрисе сектора под углом  $180^\circ$ . Распределение углов, наблюдавшихся среди участников третьего эксперимента, близко к нормальному (см. рисунок 6б). Автокорреляционная функция последовательных углов ломаных линий, наблюдав-

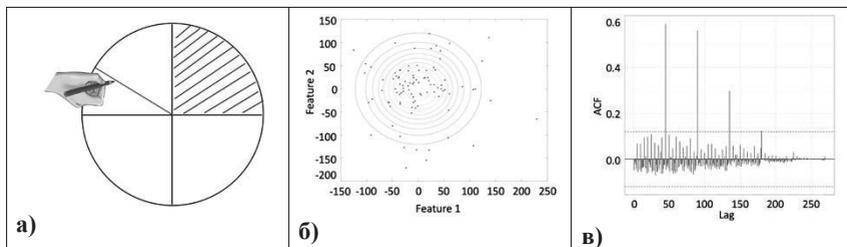


**Рис. 4.** Результаты первого этапа эксперимента — группы 2 и 4: а) автокорреляционная функция последовательных углов ломаных линий в группе 2; б) радиальная гистограмма углов в группе 2; в) автокорреляционная функция последовательных углов ломаных линий в группе 4; г) радиальная гистограмма углов в группе 4

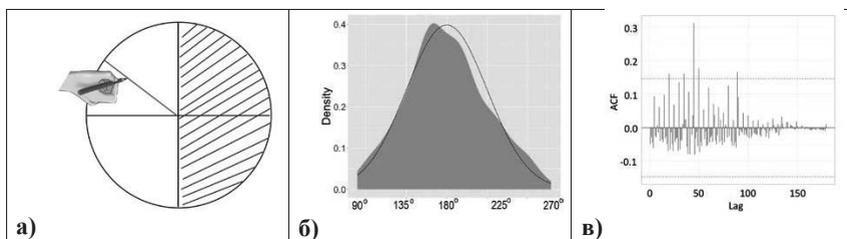
шихся на третьем этапе эксперимента, приведена на рисунке бв. Она показывает, что индивидуальные стратегии преодоления неопределенности выбора при условии налагаемых ограничений могут быть разнообразными, хотя угловой шаг, кратный  $45^\circ$ , по-прежнему наблюдается наиболее часто.

### Заключение и дискуссия

Экосистема экспериментальных данных была изучена нами при помощи машинных и статистических методов. Первые помогли иден-



**Рис. 5.** а) Схема второго этапа эксперимента. б) Результаты второго этапа эксперимента. в) Автокорреляционная функция последовательных углов ломаных линий, наблюдавшихся на втором этапе эксперимента



**Рис. 6.** а) Схема третьего этапа эксперимента. б) Распределение углов рисования линий в третьем эксперименте близко к нормальному. в) Автокорреляционная функция последовательных углов ломаных линий, наблюдавшихся на третьем этапе эксперимента

тифицировать поведенческие шаблоны в условиях равнозначного выбора, вторые – оценить разнообразие поведения в каждой из групп.

Столкнувшись с дилеммой равнозначного выбора, испытуемые разрешали неопределенность, используя общие шаблоны: чертили линии под углами кратностью  $90^\circ$  и  $45^\circ$ , хотя индивидуальные стратегии выбора (последовательности углов) сильно различались от группы к группе. При ограничениях, наложенных на втором и третьем этапах эксперимента, испытуемые проводили линии в допустимом секторе более равномерно, скорее следуя индивидуальным стратегиям, чем общим шаблонам.

Было известно, что обилие субъективно эквивалентных альтернатив снижает индивидуальную вариативность выбора. Более высокие уровни перегруженности выбором связаны с большей вероятностью

отсрочки выбора, большей вероятностью переключения, меньшим предпочтением более широкого ассортимента и большим предпочтением легко обосновываемых вариантов (Schwartz, 2004). Мы продемонстрировали, что наблюдаемая связь действует и в обратном направлении: ограничив диапазон доступных эквивалентных альтернатив для выбора, мы можем добиться большей вариативности человеческого поведения.

Не исключено, что ситуация, аналогичная перегрузке выбором, может иметь место и в политическом управлении. Несмотря на то, что провести выборы относительно легко, демократические институты могут работать неэффективно в условиях неопределенности, поскольку у людей может возникнуть сильная потребность в том, чтобы власть была сильной и благожелательной, исключающей бесчисленные неприятные выборы из повседневной жизни. Вероятно, верно и обратное: ограничения прав и свобод заставляет людей действовать нешаблонно для удовлетворения своих потребностей и достижения жизненных целей.

## **Литература**

- Gauvrit N., Zenil H., Soler-Toscano F., Delahaye J.-P., Brugger P.* Human behavioral complexity peaks at age 25 // *PLoS Comput. Biol.* 2017. V. 13. e1005408. doi: 10.1371/journal.pcbi.1005408
- Rathnayake K., Lebedev A., Volchenkov D.* Deciding on a Continuum of Equivalent Alternatives Engaging Uncertainty through Behavior Patterning // *Foundations.* 2022. № 2. P. 1080–1100.
- Schwartz B.* *The Paradox of Choice.* Harper Perennial. N. Y., 2004.

### **Analysis of behavioral patterns in unbiased choice.**

### **Synthesis of statistical and machine learning methods in a data ecosystem**

*D. Volchenkov (Texas Tech University, USA)*

dimitri.volchenkov@ttu.edu

*A. N. Lebedev (Institute of Psychology RAS, Moscow)*

lebedevan@ipran.ru

The abundance of subjectively equivalent alternatives reduces individual variability in choice. Using a synthesis of statistical and machine methods for

analyzing experimental data, we have demonstrated that by limiting the range of available choice alternatives, we can achieve greater variability in human behavior.

*Keywords:* The paradox of choice; patterns of behavior; data analysis methods.

# ВЫБОР КРИТЕРИЕВ И МЕТОДОВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МОДЕЛИ ПУБЛИКАЦИОННОЙ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ (АКТИВНОСТИ) ОРГАНИЗАЦИИ<sup>1</sup>

*Н. Б. Баканова (Институт прикладной математики  
им. М. В. Келдыша РАН, Москва)*

nina@keldysh.ru

Предлагается подход к выбору критериев и метода для создания модели публикационной активности (результативности) сотрудников и подразделений научных организаций. Разработка модели, анализ и прогнозирование публикационной результативности (активности) научной (академической) организации представляют собой одну из актуальных и востребованных задач. В модели предполагается осуществлять расчет расстояний в метрике Хэмминга или Левенштейна между периодами оценки. На основании анализа полученных результатов возможно осуществлять прогноз публикационной активности (результативности).

*Ключевые слова:* модель, критерии, публикационная результативность, информационные системы, принятие решений.

## **Введение**

Современный уровень процессов информатизации в научных организациях характеризуется накоплением больших информационных массивов, создаваемых в процессе работы информационных систем поддержки управленческой деятельности. Основная часть таких систем, направлена на решение задач планирования, учета кадровых ресурсов, финансирования, снабжения, подготовки отчетности по результатам научной деятельности.

Высокую актуальность представляют функциональные возможности «Системы мониторинга и учета результатов научной деятельности» (далее Система). Система предназначена для прогнозирования публикационной результативности сотрудников организации, для накопления данных о научных результатах, о результатах публи-

---

<sup>1</sup> Исследование выполнено по Госзаданию № FFMN-2022-0005.

кационной активности сотрудников, о результатах интеллектуальной деятельности. Прикладные функции Системы направлены на подготовку отчетов в вышестоящие организации, документов для участия в различных научных конкурсах, получение справочной информации.

### **Постановка задачи**

Задача расширить использование уже существующих баз данных для построения на их основе интеллектуальных сервисов моделирования и анализа публикационной результативности сотрудников, а также других сервисов, представляет собой значительный научный и практический интерес. Актуальность разработки диктуется также необходимостью планирования направлений развития организации, требованиями к предоставлению оперативной и регламентной отчетности в вышестоящие организации.

Для разработки программных приложений моделирования, анализа и прогнозирования публикационной результативности сотрудников и подразделений организации необходимо разработать критерии оценки публикационной активности, шкалы градации оценок, методы анализа критериев и получения результатов, а также программные средства реализации модели (Баканов, Баканова, 2020).

Создание приложений целесообразно проводить на основе ряда специализированных сервисов, построенных на базе информационной среды организации. Разработка таких сервисов тесно связана с математической психологии, поскольку в данном случае при моделировании информационных процессов необходимо учитывать как психологические, так и социальные аспекты (Математическая психология, 2010) хранения и анализа данных в информационной среде организации (Савченко и др., 2009).

В настоящее время в связи с усложнением задач обработки информации увеличивается количество задач, решаемых с применением методов искусственного интеллекта. К таким задачам относятся и задачи анализа многопризнаковых объектов, в число которых входит исследуемая задача анализа и моделирования публикационной результативности сотрудников научной организации.

### **Подход к решению задачи**

Анализ публикационной результативности отдельного сотрудника или организации в целом требует учета многих критериев и, соот-

ветственно, использования методов многокритериального анализа. Большая часть методов многокритериального анализа ориентирована на хорошо структурируемые задачи, в которых используются количественные шкалы градации оценок. В данном случае для получения оценки публикационной результативности можно использовать только позиционные шкалы градации.

Поэтому для решения поставленной задачи выбран хорошо зарекомендовавший себя метод упорядочения многопризнаковых объектов АРАМИС (агрегирование и ранжирование альтернатив около многопризнаковых идеальных ситуаций), который относится к методам группового вербального анализа решений (Петровский, 2019). Метод предусматривает представление многопризнаковых объектов как некоторых мультимножеств, которые в дальнейшем упорядочиваются в метрическом пространстве, согласно относительной близости к гипотетически наилучшему объекту.

В процессе разработки алгоритмов решения задачи был проведен выбор критериев оценки публикационной результативности, разработаны шкалы градации оценок, разработаны алгоритмы выбора данных, формирования оценок и анализа результатов. В рассматриваемом примере к числу наиболее важных для оценки публикации отнесены такие критерии, как вид публикации, статус издания, значимость тематики публикации и др.

Приведенные критерии, а также количество показателей и градации позиционных шкал могут быть изменены и расширены с учетом требований конкретной организации в соответствии с ее приоритетами.

Ниже приведены основные положения метода. Каждая публикация представляется как многопризнаковый объект имеющий множество значений признаков. Таким образом, совокупность публикаций сотрудника организации представляется мультимножеством.

Для каждого подразделения  $T_m$  задается гипотетически наилучшая (идеальная) ситуация по результатам оценки публикаций сотрудников, которая также описывается мультимножеством. Затем рассчитывается показатель  $l_m = d_m^+ / (d_m^+ + d_m^-)$  относительной близости публикаций исследуемого подразделения  $T_m$  к наилучшей ситуации. Здесь  $d_m^+$  и  $d_m^-$  – расстояния соответственно до наилучшей и наихудшей ситуации в метрическом пространстве мультимножеств.

Далее выполняется упорядочивание подразделений по возрастанию показателя  $l_m$ . Наилучшее подразделение определяется минимальным значением показателя близости  $l_m$ . Таким образом, показатель  $l_m$

характеризует публикационную результативность каждого подразделения организации. Аналогично оценивается публикационная результативность как каждого сотрудника, так и всей организации.

Предлагаемый подход к решению задачи разработан для создания модели публикационной результативности сотрудников и подразделений научных организаций. В модели предполагается осуществлять расчет редакционных расстояний в метрике Левенштейна между периодами оценки. На основании анализа полученных результатов возможно осуществлять прогноз публикационной результативности.

## **Заключение**

На современном этапе развития общества наиболее важной задачей, стоящей перед научной организацией, является поиск и анализ информации в целях разработки стратегий организационного развития. Информационные ресурсы научной организации, накопленные в процессе ее деятельности и включающие совокупность баз данных научных публикаций, научно-технических библиотек и т. д., являются основой для разработки и формирования сервисов поддержки принятия решений.

Использование разработанных сервисов предоставляет возможность оценивать публикационную результативность по направлению деятельности в краткосрочной и долгосрочной перспективе, прогнозировать направления деятельности организации.

## **Литература**

*Баканов А. С., Баканова Н. Б.* Использование нечетких когнитивных карт при проектировании информационных систем организационного управления // НТИ. Сер. 2. «Информационные процессы и системы». 2020. № 7. С. 13–20. doi: 10.36535/0548-0027-2020-07-2

*Баканова Н. Б.* Многокритериальная оценка публикационной результативности научных подразделений организации // Искусственный интеллект и принятие решений. 2022. № 3. С. 88–95. doi: 10.14357/20718594220307

Математическая психология: школа В. Ю. Крылова / Под ред. А. Л. Журавлев, Т. Н. Савченко, Г. М. Головина. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2010.

*Петровский А. Б.* Групповой вербальный анализ решений. М.: Наука, 2019.

*Савченко Т. Н., Головина Г. М., Баканов А. С.* Учет функциональной структуры деятельности руководителя при проектировании системы поддержки принятия управленческих решений // Психология человека в современном мире. Материалы Всероссийской юбилейной научной конференции, посвященной 120-летию со дня рождения С. Л. Рубинштейна / Отв. ред. А. Л. Журавлев, М. И. Воловикава, Л. Г. Дикая, Ю. И. Александров. 2009. С. 256–260.

### **Selecting criteria and methods for developing a model of an organization's publication performance (activity)**

*N. B. Bakanova (Keldysh Institute of Applied Mathematics of Russian Academy of Sciences, Moscow)*

An approach to the selection of criteria and a method for creating a model of publication activity of employees and departments of scientific organizations is proposed. The development of a model, analysis and forecasting of the publication performance of a scientific (academic) organization is one of the urgent and popular tasks. The model assumes the calculation of distances in the Hamming or Levenshtein metric between evaluation periods. Based on the analysis of the results obtained, it is possible to forecast publication activity.

*Key words:* model, criteria, publication activity, information systems, decision making.

# СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ И РАЗРАБОТКЕ МОДЕЛИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ОРГАНИЗАЦИИ<sup>1</sup>

*А. С. Баканов (Институт психологии РАН, Москва)*

arsb2000@pochta.ru

Использование информационных систем в управленческой деятельности приобретает все большие масштабы. Современные информационные системы обеспечивают создание большого количества функций и сервисов для информационного обеспечения управленческой деятельности. Одной из таких функций является анализ информационных потоков и процессов организации в целях реализации информационной поддержки процессов принятия управленческих решений. В этом случае немаловажной задачей является выбор подхода к анализу и моделированию информационных процессов организации. Применение системного подхода позволяет рассматривать объект как целостный комплекс взаимосвязанных элементов.

*Ключевые слова:* принятие решений, информационные системы, информационные потоки.

В многополярном и быстроменяющемся мире в целях обеспечения успешности и конкурентоспособности организации необходимо повышать эффективность и результативность ее управленческой деятельности. В свою очередь, крупную управленческую организацию характеризует большая и зачастую распределенная иерархическая структура, что обусловлено большим количеством как уровней управления, так и направлений ее деятельности. Управленческая деятельность в таких случаях осуществляется, как правило, с использованием информационных систем организационного управления (Савченко и др., 2012). Поэтому высокую актуальность приобретают задачи анализа и моделирования как внешних, так и внутренних информационных процессов и потоков организации. В этой связи немаловажной задачей является выбор подхода к анализу этих процессов.

---

<sup>1</sup> Исследование выполнено по Госзаданию № 0138-2022-0010.

Систему можно определить как совокупность взаимосвязанных структурированных элементов, каждый из которых функционирует для достижения единой цели. Согласно вышеприведенному определению, организация – это система, поэтому для анализа управленческих и информационных процессов целесообразно использовать системный подход. Системный подход позволяет рассматривать объект как целостный комплекс взаимосвязанных элементов. В своих трудах, Б. Ф. Ломов неоднократно отмечал такие свойства системы, как многомерность и иерархическое строение (Математическая психология, 2010). В основе системного подхода лежит представление информационных процессов организации как взаимосвязанной системы. Термин «система» имеет целый ряд определений. Например, Л. фон Берталанфи рассматривает систему как комплекс взаимодействующих компонентов. В работах Ф. И. Перегудова система представлена как множество взаимосвязанных элементов, обособленных от среды и взаимодействующих с ней, как целое. Будем рассматривать систему как совокупность взаимосвязанных частей, каждая из которых дополняет всю систему в целом, так что в целом система несводима к сумме своих частей и обладает определенной структурой. Информационные процессы и информационные потоки в организации обусловлены управленческой деятельностью.

При проведении анализа управленческих процессов и взаимосвязанных с ними информационных потоков первоначально необходимо определить объем и период выборки информации. Большой объем информационного массива, какими бы средствами и технологиями ни обрабатывался, зачастую не может обеспечить качество результатов. Чрезмерно большой объем информации может затруднить выявление закономерностей и привести к противоречиям.

Важным и неотъемлемым элементом организационной деятельности является принятие управленческих решений. Результативность и успешность организационной деятельности напрямую зависит от того, насколько успешно реализована информационная поддержка принятия управленческих решений в организации, насколько она соответствует методам управленческой деятельности. Все методы управленческой деятельности можно условно подразделить на три взаимосвязанных группы: административные, экономические и социально-психологические.

К административным методам управленческой деятельности относятся такие методы влияния руководителей организации на дея-

тельность сотрудников, которые подразумевают использование административных, должностных полномочий и структуры организации. Административные методы предусматривают постановку целей, задач и сроков их реализации, а также формулирование показателей и критериев для оценки исполнительской деятельности.

К экономическим методам управленческой деятельности можно отнести методы, включающие материальное стимулирование сотрудников организации (Алдашева и др., 2002). Такие методы наиболее часто используются в управленческой деятельности, поскольку являются наиболее «прозрачными» и результативными благодаря количественной оценке. Экономические методы направлены на количественную оценку вклада каждого конкретного сотрудника в деятельность всей организации и реализацию отдельно взятого проекта. В силу своей простоты и «прозрачности» экономические методы позволяют сравнительно быстро мотивировать сотрудников на дальнейшую результативную деятельность.

К социально-психологическим методам управленческой деятельности относятся методы социальной инженерии, основанные на признании социальной значимости и уважении в социуме, которое дает труд субъекту трудовой деятельности. Посредством трудовой деятельности индивид социализируется в обществе, приобретает социальную востребованность, уважение в своем окружении и социуме. Социально-психологические методы направлены на формирование благоприятного трудового климата в коллективе, а также на развитие профессиональных способностей.

Важно отметить, что какие бы методы управленческой деятельности ни использовались, управленческая деятельность представляет собой совокупность информационных процессов, отдельным элементом или этапом которого является управленческое решение. В свою очередь управленческое решение также представляет собой информационный процесс. Основной функцией информационной системы является обработка информационных потоков и отражение информационных процессов организации в целях информационной поддержки управленческой деятельности.

Анализ информационных процессов, информационное обеспечение и информационная поддержка процесса принятия управленческих решений приобретает важное и актуальное значение на современном этапе развития общества (Баканова, 2022). В современных условиях экономических и социальных вызовов увеличивается коли-

чество требований, предъявляемых к информационным технологиям и к информационному обеспечению управленческой деятельности. Использование системного подхода для анализа и моделирования информационных процессов организации позволяет полно и всесторонне осуществлять анализ информационных массивов в целях разработки интеллектуальных функций и сервисов обработки данных. Способность организации эффективно осуществлять поиск, анализ и обработку информации позволяет успешно противостоять внешним вызовам и активно реализовывать потенциал для развития.

### **Литература**

- Алдашева А. А., Медведев В. И., Сарбанов У. К.* Психологические механизмы банковского менеджмента. М.: Пер Сэ, 2002.
- Баканова Н. Б.* Многокритериальная оценка публикационной результативности научных подразделений организации // Искусственный интеллект и принятие решений. 2022. № 3. С. 88–95.
- Математическая психология: школа В. Ю. Крылова / Под ред. А. Л. Журавлев, Т. Н. Савченко, Г. М. Головина. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2010.
- Занковский А. Н., Баканов А. С.* Человекоориентированный подход к повышению качества и скорости обучения специалистов управления сложными техническими объектами (на примере БПЛА) // Институт психологии Российской академии наук. Организационная психология и психология труда. 2023. Т. 8. № 1. С. 180–195.
- Савченко Т. Н., Баканов А. С., Головина Г. М., Атанасова Т. В.* Интеллектуальная информационная среда обитания и субъективное качество жизни человека // Актуальные проблемы психологии труда, инженерной психологии и эргономики: Сборник научных трудов / Под ред. В. А. Бодрова, А. Л. Журавлева. М., 2012. С. 127–134.

### **A systematic approach to the analysis and development of a model of information processes in an organization**

*A. S. Bakanov (Institute of Psychology Russian Academy of Sciences, Moscow)*

The use of information systems in management activities is becoming increasingly widespread. Modern information systems provide the creation of

a large number of functions and services for information support of management activities. One of these functions is the analysis of information flows and processes of the organization, in order to implement information support for management decision-making processes. In this case, an important task is the choice of approach to the analysis and modeling of the organization's information processes. The use of a systems approach allows us to consider an object as an integral complex of interconnected elements.

*Key words:* decision making, information systems, document flows.

# **МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В ПСИХОЛОГИИ**



# ВОЗМОЖНОСТИ МЕДИАТОРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ И СРАВНЕНИЯ МОДЕЛЕЙ, ОБЪЯСНЯЮЩИХ ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫЕ СВЯЗИ<sup>1</sup>

*О. В. Митина (МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва)*

omitina@inbox.ru

*Е. И. Первичко (МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва)*

elena\_pervichko@mail.ru

*Ю. Е. Коноховская (НИУ ВШЭ, Москва)*

kantry2010@yandex.ru

Рассматривается методология анализа детерминационных связей, опосредуемых медиаторами. Рассматриваются общие правила построения простых и сложных каузальных моделей с использованием медиаторов и их анализа в программе EQS 6.4. Разбирается конкретный эмпирический пример построения, анализа и сопоставления медиаторных моделей.

*Ключевые слова:* детерминационные связи, прямое и косвенное влияние, медиатор, дисфункциональное дыхание, пандемия COVID-19.

Медиаторный анализ представляет собой частный случай группы методов структурного моделирования – каузального, которое позволяет не только проверять выдвигаемые исследователем гипотезы, но и формулировать новые, осуществляя таким образом «креативный поиск». Медиаторные модели используются для анализа причинно-следственных связей между переменными путем добавления медиаторов в качестве опосредствующих переменных. Применение медиаторного анализа позволяет объяснять характер и механизм связи и отвечает на вопросы «как» и «почему» одна переменная или группа переменных, называемых независимыми, влияет на другую одиночную переменную или группу переменных, называемых зависимыми. К преиму-

---

<sup>1</sup> Исследование выполнено при поддержке РФФ, проект № 21-18-00624.

ществам медиаторного анализа относится возможность обнаруживать связи между независимой и зависимой переменными, не определяемые с помощью корреляционного анализа. При этом данный метод не ограничивает количество переменных, используемых при анализе эмпирических данных (Митина, 2010).

Ниже мы используем правила обозначения, принятые в синтаксисе программы EQS6.4, в других программах команды могут отличаться, но принципы остаются те же.

Для построения простейшей детерминационной модели (одна зависимая и одна независимая измеряемые переменные) используют следующие уравнения в EQS:

$$Y = *X + E_Y; \quad (1.1)$$

$$(E_Y, E_Y) = *; \quad (1.2)$$

\* перед независимой переменной  $X$  в уравнении (1.1) означает, что в процессе анализа модели, исходя из эмпирических данных, оценивается (вычисляется) величина детерминации, подобно тому как в регрессионном анализе вычисляются регрессионные коэффициенты. Простейшая детерминационная модель в структурном моделировании и есть, по существу, линейная одномерная регрессия.

$E_Y$  – остаточный член, латентная независимая переменная. Ее присутствие в уравнении означает, что  $Y$  зависит не только от  $X$ , но и от других причин, которые не изучаются в данном исследовании, но объединенные в рамках одной переменной  $E_Y$  обозначаются как существующие, и их необходимо учитывать. Знак \* в уравнении 1.2 указывает на то, что дисперсия латентной переменной  $E_Y$  также неизвестна и определяется в ходе вычислений.

Значение детерминационного коэффициента, вычисленного в уравнении 1.1, обозначим «с». Это полное влияние независимой переменной  $X$  на зависимую переменную  $Y$  (см. рисунок 1).

Введение медиатора в синтаксисе программы EQS записывается следующим образом:

$$Me = *X + E_{Me}; \quad (2.1)$$

$$Y = *X + *Me + E_Y; \quad (2.2)$$

$$(E_Y, E_Y) = *; \quad (2.3)$$

$$(E_{Me}, E_{Me}) = *; \quad (2.4)$$

Независимая переменная  $X$  влияет на медиатор  $Me$ , и это уравнение похоже на (1.1). Медиатор  $Me$  влияет на зависимую переменную  $Y$

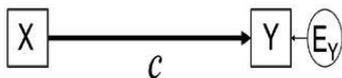


Рис. 1. Схема простейшей одномерной детерминации

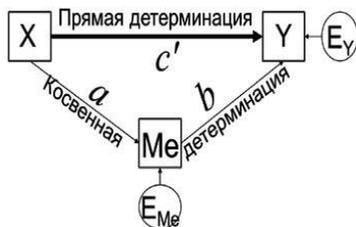


Рис. 2. Схема простейшей медиаторной модели

и тем самым опосредует влияние  $X$  на  $Y$ . Кроме того, модель предполагает, что не все влияние  $X$  на  $Y$  опосредуется (объясняется) переменной  $Me$ , поэтому в уравнении (2.2), кроме слагаемого с медиатором  $Me$ , есть еще слагаемое с независимой переменной  $X$ . Это простейшая медиаторная модель (с одной независимой, одной зависимой и одной медиаторной переменными). Три детерминационных коэффициента вычисляются по эмпирическим данным. Также вычисляются дисперсии двух остаточных членов. Вычисляемые коэффициенты перед  $X$  в уравнении 2.1 перед  $Me$  и перед  $X$  в уравнении 2.2 равны  $a$ ,  $b$  и  $c'$ , соответственно.

Выполняется следующее равенство:

$$c = ab + c' \quad (3)$$

$c$  – это величина полной детерминации, вычисляемой из уравнения (1.1),  $c'$  – величина прямой детерминации  $X$  на  $Y$ , а  $ab$  – это величина косвенного (или опосредованного) влияния).

В программе EQS величина опосредованного влияния называется *indirect effect*, в то время как величина полной детерминации – называется *total effect*, а величина прямой детерминации – *direct effect*. Медиация статистически значима только при условии, что величина  $ab$  – значимо отлична от 0. Программа вычисляет эту значимость и позволяет сделать соответствующий вывод.

По умолчанию значимость косвенного эффекта на печать не выводится. Чтобы получить эту информацию в секции обозначаемой **Print**

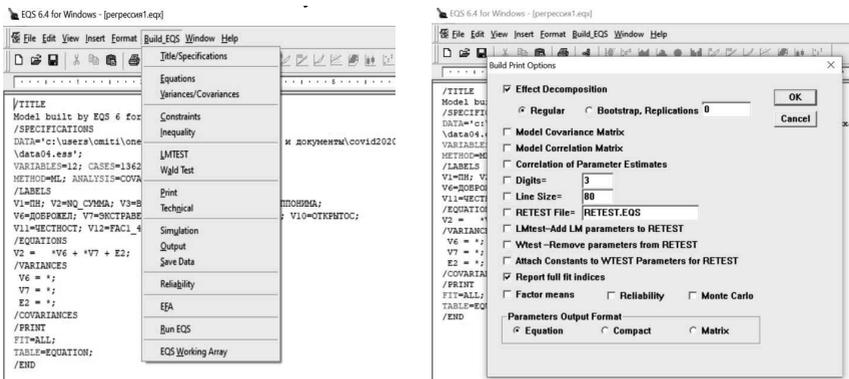


Рис. 3. Экраны выбора нужных команд для вывода на экран показателей, необходимых для медиаторного анализа

нужно указать дополнительную команду: *effect = yes*. В режиме меню в группе **Build\_EQS** выбрать **Print** (рисунок 3.1) и в открывшемся окне поставить галочку в чек-боксе рядом с **Effect Decomposition** (рисунок 3.2).

Требований к значимому отличию от нуля  $c$  и  $c'$  нет. Т.е. возможны следующие ситуации:

1.  $c'$  и  $ab$  значимо отличны от нуля. Это означает, что  $X$  влияет на  $Y$  и опосредованно через  $Me$ , и напрямую.
2.  $c'$  – статистически значимо не отличается от нуля. Тогда говорят о полной медиации, т.е. все влияние опосредуется медиатором и им объясняется, а прямое влияние  $X$  на  $Y$  незначимо.
3.  $c$  – статистически значимо не отличается от нуля; это возможно тогда, когда  $ab$  и  $c'$  статистически значимо отличны от нуля и имеют разные знаки; можно говорить, что прямое и косвенное влияния в этом случае компенсируют друг друга, а само общее влияние  $X$  на  $Y$  носит амбивалентный характер.
4. Заметим, что амбивалентное влияние  $X$  на  $Y$  не предполагает обязательно, что  $c \approx 0$ . Одно из слагаемых в уравнении (3) по абсолютной величине может существенно превосходить другое, и тогда сумма значимо отлична от нуля.

Таким образом, статистически значимая медиация имеет место тогда и только тогда, когда величина опосредованного влияния независимой переменной  $X$  на зависимую переменную  $Y$ , вычисляемую как произведение влияния  $X$  на  $Me$  и  $Me$  на  $Y$ , статистически значи-

мо отлично от нуля. Знаки и величины  $c'$  и  $c$  определяют различные типы медиаций.

Если медиаторную модель из трех переменных, рассмотренную выше, можно просчитать в ряде неспециализированных для структурного моделирования статистических пакетах, то более сложные модели, предполагающие одновременно наличие нескольких независимых переменных и (или) нескольких медиаторов и (или) нескольких зависимых переменных, каждая из которых может быть как наблюдаемой переменной, так и латентной, можно проводить только с помощью программ структурного моделирования.

На рисунке 4 представлена медиаторная модель, имеющая три независимые переменные  $X_1, X_2, X_3$ , два медиатора  $Me_1$  и  $Me_2$  и две зависимые переменные  $Y_1$  и  $Y_2$ .

Тогда уравнения будут иметь следующий вид:

$$Me_1 = *X_1 + *X_2 + *X_3 + E_{Me1}; \quad (3.1)$$

$$Me_2 = *X_1 + *X_2 + *X_3 + E_{Me2}; \quad (3.2)$$

$$Y_1 = *Me_1 + *Me_2 + *X_1 + *X_2 + *X_3 + E_{Y1}; \quad (3.3)$$

$$Y_2 = *Me_1 + *Me_2 + *X_1 + *X_2 + *X_3 + E_{Y2}; \quad (3.4)$$

$$(E_{Y1}, E_{Y1}) = *; \quad (3.5)$$

$$(E_{Y2}, E_{Y2}) = *; \quad (3.6)$$

$$(E_{Me1}, E_{Me1}) = * \quad ; \quad (3.7)$$

$$(E_{Me2}, E_{Me2}) = * \quad ; \quad (3.8)$$

$$(E_{Me1}, E_{Me2}) = * \quad ; \quad (3.9)$$

$$(E_{Y1}, E_{Y2}) = *; \quad (3.10)$$

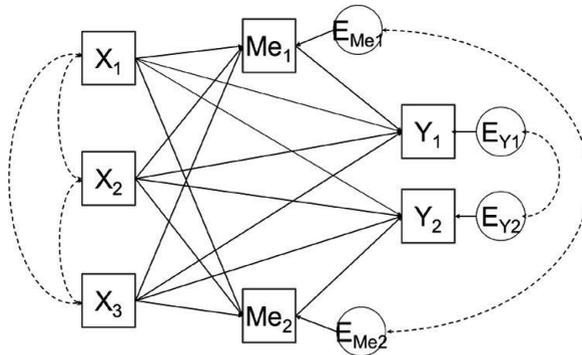
$$(X_1, X_2) = *; \quad (3.11)$$

$$(X_1, X_3) = *; \quad (3.12)$$

$$(X_2, X_3) = *; \quad (3.13)$$

Сплошными линиями указаны детерминационные связи (уравнения 3.1–3.4), участвующие в базовой модели, пунктирными линиями – корреляционные связи, которые могут быть добавлены в модель чтобы улучшить показатели согласованности модели с эмпирическими данными (3.10–3.13). Уравнения 3.5–3.9 задают обязательные для модели дисперсии остаточных членов.

В модель допустимо также добавить корреляции между независимыми переменными, остаточными членами медиаторов и корреляции между остаточными членами зависимых переменных. Это возможно, если получаемые значения не противоречат теории и улучшают согласованность модели с эмпирическими данными. Однако нельзя



**Рис. 4.** Пример схемы модели с тремя независимыми переменными, двумя модераторами и двумя зависимыми переменными

включать корреляции переменных из разных групп: независимых переменных с остаточными членами или остаточных членов медиаторов и остаточных членов зависимых переменных, даже если исследователь может найти теоретическое объяснение обнаруженной таким образом связи и добавление этой связи улучшает согласованность модели. Статистически незначимые детерминационные связи могут быть опущены.

Если в исследовании число независимых переменных равно  $n$ , число переменных, претендующих на роль медиатора, равно  $m$  и число переменных, претендующих на роль зависимой переменной, равно  $k$ , то число возможных простейших моделей из трех переменных равно  $nmk$  и перебрать все возможные модели придется достаточно долго. Это требует, в частности, существенных временных затрат на реализацию «креативного поиска» переменных, входящих в модель и статистически значимых связей между ними, однако вознаграждением в данном процессе может стать построение моделей, демонстрирующих и объясняющих все возможные механизмы связи между изучаемыми переменными. Чтобы сузить поиск, рекомендуется определить сначала все значимые корреляции переменных из группы предикторов с переменными из группы медиаторов, затем значимые корреляции переменных из группы медиаторов и переменных из группы зависимых переменных. При этом в качестве претендентов на медиаторные модели следует рассматривать только такие тройки переменных, в которых статистически значимыми являются корреляции медиатора и с независимой переменной, и с зависимой.

В том случае, если в модели участвуют не только наблюдаемые переменные, но и латентные, то в уравнениях вместо наблюдаемых переменных участвуют факторы и добавляются дополнительные уравнения, связывающие факторы с их индикаторами.

Интерес представляет не только определение значимости косвенного влияния и интерпретация амбивалентного влияния, если такое имеется, но и доля опосредованного влияния в общем влиянии, которая показывает роль медиатора в обосновании влияния. Чем больше эта величина, тем больше роль медиатора.

Рассмотрим конкретный пример эмпирического исследования.

Сбор данных проводился в России с 27 апреля по 31 декабря 2020 г. во время 1-й и 2-й «волн» пандемии COVID-19. В исследовании приняли участие неинфицированные респонденты, не прошедшие процедуру вакцинации против COVID-19, из всех регионов России общим числом 1362 человек в возрасте от 18 до 88 лет.

В это время врачи по всему миру констатировали случаи обращения людей по поводу ощущений «трудности вдоха» и нехватки воздуха, которые пациенты рассматривали как возможный симптом COVID-19, хотя данные диагностики не подтверждали наличия воспалительного процесса. Пациенты предъявляли жалобы на кардио- и экстрареспираторные симптомы. В целом перечисленные симптомы соответствовали клинической картине COVID-19, однако, по данным лабораторной и клинической диагностики, COVID-19 у этих пациентов не был подтвержден (Первичко и др., 2023).

Мы можем говорить о том, что пандемия COVID-19 задала новый социокультурный контекст, провоцирующий дисфункциональное дыхание. Выраженные проявления тревоги, страха и паники, которые связаны с восприятием большей угрозы от коронавируса и пандемии, усиливают веру в заражение коронавирусом, в итоге предсказывают более выраженное «смещение внимания» к симптомам, связанным с заболеванием.

Исходя из этого, мы предположили психогенный характер возникновения симптомов дисфункционального дыхания у неинфицированных людей в условиях пандемии (т. е. при росте психологического неблагополучия). Интерес представляло выявить объяснительный механизм этого влияния. Для этого мы использовали медиаторный анализ. Психологическое неблагополучие выступало независимой переменной, выраженность дисфункционального дыхания – зависимой. В качестве медиаторов мы рассматривали по отдельности три группы

переменных разного характера: представления о пандемии (когнитивные переменные), личностные характеристики и особенности самоуправления. Были использованы следующие методики.

1. Психологическое неблагополучие измерялось на основании результатов методик: 1) опросника Шкала воспринимаемого стресса – 10 (Аббасков); 2) Шкала ситуативной тревожности Спилбергера–Ханина (STAI) (подробно см.: Первичко и др., 2020).
2. Опросник симптомов дисфункционального дыхания – Наймигенский опросник NQ (Первичко и др., 2023).
3. Опросник представлений о пандемии COVID-19 (ПП), разработанный на базе краткого опросника восприятия болезни Е. Бродбент и состоящий из шкал: 1) Угроза жизни, 2) Возможность контролировать события, 3) Страх перед неизвестной болезнью (Первичко и др., 2020).
4. Шестифакторный личностный опросник НЕХАСО-24 (Егорова и др., 2019), определяющий выраженность личностных качеств: 1) Честность, 2) Экстраверсия, 3) Доброжелательность, 4) Эмоциональность, 5) Сознательность, 6) Открытость опыту.
5. Методика диагностики самоуправления (SSI) Ю. Куля в русскоязычной адаптации (Митина и др., 2020). На основе первичных шкал, определяемых методикой SSI, в данном исследовании мы рассматривали пять шкал второго уровня: 1) Саморегуляция, 2) Самоконтроль, 3) Развитие воли, 4) Доступ к себе, 5) Переживание общего жизненного стресса.

Величина полного влияния независимой переменной *Психологическое неблагополучие* на зависимую *Дисфункциональное дыхание* равна 0,556.

Изначально в каждой из трех медиаторных моделей были включены все компоненты каждой группы и соответствующие им детерминационные связи, но в итоге были оставлены только те медиаторы, опосредованная детерминация через которые была статистически значимой (см. рисунок 5). Показатели согласованности итоговых моделей с эмпирическими данными представлены в таблице 1.

Во всех трех случаях  $p$ -значение  $> 0$ , CFI=1, RMSEA  $< 0,02$ , опосредованное влияние оказалось статистически значимым, хотя и различающимся по величине. Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод о том, что *психологическое неблагополучие* в значительной степени является причиной *дисфункционального дыхания*.

Таблица 1

Показатели согласованности эмпирических данных с моделям для всех трех групп медиаторов

Показатели согласованности	Группы медиаторов		
	Представления о пандемии	Хексако	Самоуправление
AIC	-3,55	-4,948	-5,658
CAIC	-15,983	-29,815	-30,525
$\chi^2$	0,101	3,052	1,379
df	1	4	1
p-значение	0,750	0,549	0,240
CFI	1	1	1
RMSEA	0	0	0,017
CI 90%	(0,000; 0,049)	(0,000; 0,036)	(0,000; 0,076)
Соотношение косвенной и общей детерминации	1/9	1/5	1/3

Отчасти это влияние опосредуется представлениями о пандемии, при этом влияние независимой переменной на зависимую через переменную *контроля* статистически не значимо и переменная *контроля* в модели опущена (рисунок 5.1). Чем выше *психологическое неблагополучие*, тем сильнее *страх* неизвестной болезни и ощущение *угрозы*

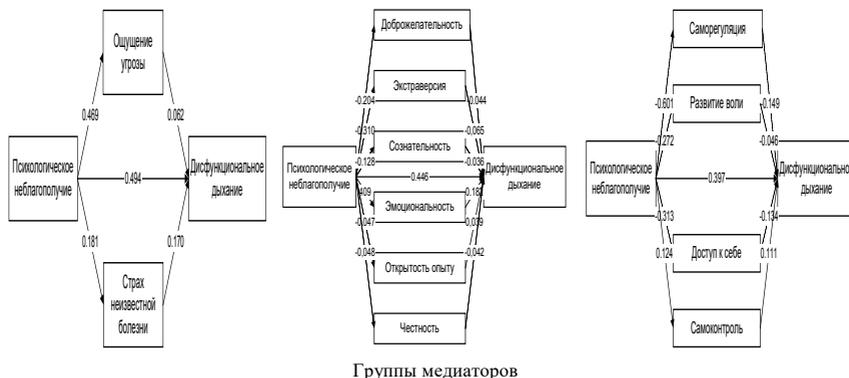


Рис. 5. Схемы моделей влияния психологического неблагополучия на дисфункциональное дыхание, опосредуемого различными группами личностных переменных

жизни. Именно эти две переменные влияют на усиление *дисфункционального дыхания*. Опосредованное влияние сопоставлено с непосредственным влиянием (оба усиливают *дисфункциональное дыхание*). Опосредованное влияние равно 0,06, поэтому доля его в общем влиянии невелика – всего 1/9.

Опосредованное влияние в случае, когда медиаторами являются личностные характеристики сопоставлено с непосредственным влиянием (оба положительные) для пяти личностных черт (рисунок 5.2). Личностные характеристики, являющиеся факторами защиты от последствий *психологического неблагополучия*: *Доброжелательность*, *Экстраверсия*, *Сознательность* и *Честность* – ослабляют *дисфункциональное дыхание*, а *Эмоциональность*, которая усиливается *психологическим неблагополучием*, *дисфункциональное дыхание* повышает. Во всех этих пяти случаях косвенное влияние является положительным (совпадает по знаку с прямым влиянием равным 0,446). Исключение составляет *Открытость опыту*. С одной стороны, чем выше *психологическое неблагополучие*, тем ниже *открытость опыту*. Но с точки зрения влияния на *дисфункциональное дыхание* *открытость опыту* его усиливает. Опосредованное влияние равно 0,109, и соотношение между косвенным и общим влиянием равно 1/5.

В ситуации, когда влияние опосредуется переменными самоуправленения, установлено, что *психологическое неблагополучие* приводит к снижению *Саморегуляции*, *Развития воли* и *Доступа к себе* и, наоборот, к усилению *Самоконтроля* (рисунок 5.3). Одновременно с этим *Саморегуляция*, *Развитие воли* и *Доступ к себе* являются факторами защиты от развития дыхательных проблем, а *Самоконтроль* эти проблемы усиливает. *Переживание стресса* незначимо влияет на *дисфункциональное дыхание* и было исключено из модели. Скорее всего, это влияние компенсируется общим усиливающим влиянием *психологического неблагополучия* на *дисфункциональное дыхание*. Таким образом, во всех четырех случаях косвенное влияние имеет положительный знак, совпадает по знаку с прямым влиянием. Суммарно опосредованное влияние равно 0,158. Доля его в общем влиянии больше, чем в двух предыдущих случаях и равно: 1/3. Таким образом, можно говорить о преимущественной роли самоуправления в опосредовании влияния *психологического неблагополучия* на проблемы с дыханием.

Подведем итоги. Использование структурного моделирования для анализа опосредуемых медиаторами детерминационных связей позволяет вычислять статистические значимости этих связей и их ве-

личины, сравнивать между собой различные медиаторы с точки зрения их участия в опосредовании.

Используемые три модели в нашем случае являются хорошим иллюстрирующим примером возможностей медиаторного анализа в программе EQS 6.4. Благодаря вычисленным коэффициентам детерминации, мы можем сопоставить силу влияния всех переменных входящих в одну группу, сравнить между собой влияния каждой группы переменных.

## **Литература**

- Егорова М. С., Паршикова О. В., Митина О. В.* Структура российского варианта шестифакторного личностного опросника HEXACO-PI-R // Вопросы психологии. 2019. № 5. С. 33–49.
- Митина О. В.* Методы исследования каузальных связей // Экспериментальная психология в России. Традиции и перспективы / Под ред. В. А. Барабанщикова. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2010. С. 139–143.
- Митина О. В., Первичко Е. И., Конюховская Ю. Е., Степанова, О. Б., Дорохов Е. А.* Роль саморегуляции в формировании образа болезни (COVID-19) // Психология саморегуляции в контексте актуальных задач образования / Под ред. В. И. Моросановой, Ю. П. Зинченко. М.: Психологический институт РАО, 2020. С. 161–170.
- Первичко Е. И., Митина О. В., Степанова О. Б., Конюховская Ю. Е.* Детерминация дисфункционального дыхания психологическим неблагополучием в условиях пандемии COVID-19. Какие психологические переменные опосредуют эту связь? // Психиатрия, психотерапия и клиническая психология. 2023. №14 (1). С. 7–26.
- Первичко Е. И., Митина О. В., Степанова О. Б., Конюховская Ю. Е., Дорохов Е. А.* Восприятие COVID-19 населением России в условиях пандемии 2020 года // Клиническая и специальная психология. 2020. Т. 9. № 2. С. 119–147.

**Possibilities of mediation analysis for constructing and comparing models that explain causal relationships**

*O. V. Mitina (Lomonosov MSU, Moscow),*

*E. I. Pervichko (Lomonosov MSU, Moscow),*

*Yu. E. Konyukhovskaya (HSE, Moscow)*

The methodology for analyzing determinative relationships mediated by mediators is considered. The general rules for constructing simple and complex causal models using mediators and their analysis in the EQS 6.4 program are considered. The empirical example of the analysis of mediator models and their comparison is analyzed.

*Keywords:* determinative connections, direct and indirect influence, mediator, dysfunctional breathing, COVID-19 pandemic.

## ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ СЕНСОРНЫХ ПРОСТРАНСТВ<sup>1</sup>

*В. Е. Дубровский (МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва)*

vicdubr@mail.ru

В работе рассматривается формальная схема представления результатов психофизических экспериментов с использованием концепции сенсорного пространства. Обсуждаются теоретические предпосылки применения предложенной схемы. Продемонстрирована связь сенсорных пространств и многоканальных моделей обнаружения на основе нейроподобных элементов.

*Ключевые слова:* психофизика, сенсорные пространства, многоканальные модели обнаружения, пространства Финслера.

Понятие сенсорного пространства возникает в психофизике как способ наглядного представления и анализа экспериментальных данных (Крылов, 1990; Соколов и др., 1986). Главная идея формулируется так: «Восприятие человека может быть описано геометрической моделью в виде координатного пространства. Стимулы, которые кажутся человеку похожими, будут находиться в этом пространстве на небольшом расстоянии, а стимулы, которые воспринимаются непохожими, — на далеком. Такое психологическое пространство называют перцептивным или сенсорным» (Соколов и др., 1986). Это определение требует уточнений. Во-первых, что такое «координатное пространство» с формальной точки зрения? Что является его элементами? Во-вторых, как оценивать расстояние между стимулами?

Простейший ответ на первый вопрос заключается в том, чтобы рассматривать сенсорное пространство как линейное пространство стимулов (или комбинаций стимулов), наделенное метрикой. В качестве меры близости служит оцениваемое в эксперименте субъективное расстояние (конечно, если оно удовлетворяет аксиомам метрики). Стимульное пространство можно считать линейным, если для его элементов определены операции сложения и умножения на число. Это условие

---

1 Исследование выполнено при поддержке РФФ, проект № 19-18-00474-П.

легко проверяется, поскольку стимулы являются объектами реального мира, и их формальное описание следует из законов физики. К примеру, цветовое восприятие изучают, используя в качестве стимулов излучения с различным спектральным составом. Каждый из таких стимулов описывается некоторой положительной функцией плотности энергии в зависимости от длины волны, так что множество цветowych стимулов образует конус в бесконечномерном линейном функциональном пространстве. Если при этом вспомнить, что известное отношение метамеризма является, как следует из законов Г. Грассмана, отношением эквивалентности на множестве цветowych стимулов, то можно разбить пространство стимулов на классы эквивалентности («цвета»). Множество классов эквивалентности образует трехмерное сенсорное пространство субъективных цветов.

Возможен и другой подход. Образ, вызываемый предъявляемым стимулом, характеризуется рядом субъективных характеристик. Степень их выраженности можно оценить количественно психофизическими методами, поставив в соответствие каждому стимулу набор шкальных значений. Если для таких наборов чисел удастся корректно обосновать возможность сложения и умножения на число, их можно рассматривать как вектора, т. е. элементы линейного пространства. Сенсорное пространство в этом случае — чисто математическая конструкция, а его многомерность — следствие сложной структуры образа.

На второй вопрос об оценке субъективных расстояний между элементами сенсорного пространства также нет однозначного ответа. Как известно, в психофизике разработано множество методов таких оценок, однако их результаты не всегда согласуются между собой. Соответственно приходится говорить о различных сенсорных пространствах, порождаемых каждым из методов.

Условно все методы оценки меры близости можно разделить на две большие группы в зависимости от того, допускается ли сравнение субъективно далеких стимулов. Примеры сенсорных пространств, полученных с использованием оценок больших различий, описаны, например, в монографии (Крылов, 1990). Однако там не рассматриваются сенсорные пространства на основе пороговых измерений, изучаемые в настоящей работе. Создатель психофизики Г. Фехнер считал, что испытуемый может сравнивать только близкие стимулы, определяя пороговые значения, при которых эти стимулы начинают различаться. В соответствии с традицией, сложившейся в психофизике, такие про-

странства называют обобщенными фехнеровскими пространствами (Dzhafarov, Colonius, 2001).

Будем предполагать, что сенсорное пространство является дифференцируемым многообразием, каждая его точка  $x$  соответствует стимулу, относительно которого измеряются пороги различения. Испытуемый должен сравнивать стандартный стимул  $x$  и тестовые стимулы  $x+y$ . Для краткости мы часто будем называть приращение  $y$  просто стимулом. Формально элементы  $y$  принадлежат касательному векторному пространству в точке  $x$  многообразия.

Результаты пороговых экспериментов позволяют наделить касательное пространство некоторой нормой, задающей меру субъективной близости стимулов (Дубровский, 2009). Действительно для любого стандартного стимула  $x$  экспериментально определяется подпороговое множество  $y_x = y(x)$  таких элементов  $y \in y_x$ , что испытуемый не различает  $x$  и  $x+y$ . Далее будет показано, что если полученное множество  $y_x$  обладает центральной симметрией и выпукло, то его можно считать единичным шаром, соответствующим некоторой эмпирической норме.

Множеству  $y_x$  можно поставить в соответствие функционал Минковского:

$$\mu(\alpha y | Y_x) = \alpha \mu(y | Y_x) \quad \forall \alpha > 0$$

Легко показать, что  $\mu(y | y_x)$  – положительно однородная функция первого порядка:

$$\mu(y | Y_x) = \begin{cases} 0, & \text{если } y = 0 \\ \inf\{\lambda > 0 \mid \lambda^{-1}y \in Y_x\}, & \text{если } y \neq 0 \end{cases}$$

Фактически построение функционала Минковского повторяет логику хорошо известного в психофизике метода установки: необходимо подобрать такое минимальное значения коэффициента ослабления интенсивности  $\lambda$ , чтобы стимул  $x + \lambda^{-1}y$  оказался пороговым относительно  $x$ .

Будем предполагать, что подпороговое множество  $y_x$  удовлетворяет следующим трем условиям:

**Множество  $y_x$  – поглощающее.**

Если наблюдатель не может обнаружить некоторый стимул, то он не обнаружит и аналогичный стимул, но меньшей интенсивности – это условие выполняется всегда.

**Множество  $y_x$  – уравновешенное.**

Значения функционала Минковского для любых  $y$  и  $-y$  совпадают – равенство инкрементных и декрементных порогов.

**Множество  $y_x$  – выпуклое.**

Оно содержит отрезок, соединяющий любые два его элемента.

$$y_1, y_2 \in \mathcal{Y}_x \Rightarrow (1 - \alpha)y_1 + \alpha y_2 \in \mathcal{Y}_x \quad \forall \alpha \in [0,1]$$

Это означает, что если испытуемый не отличает  $x+y_1$  и  $x+y_2$  от  $x$ , то он не сможет отличить от  $x$  и все промежуточные стимулы. Условие можно записать в более наглядной форме, обозначив  $y_1=y$ ,  $y_2=y+\Delta y$ :

$$\left. \begin{array}{l} y \in \mathcal{Y}_x \\ y + \Delta y \in \mathcal{Y}_x \end{array} \right\} \Rightarrow y + \alpha \Delta y \in \mathcal{Y}_x \quad \forall \alpha \in [0,1]$$

Выпуклость подпорогового множества влечет за собой выпуклость функционала Минковского:

$$\mu((1 - \alpha)y_1 + \alpha y_2 | \mathcal{Y}_x) \leq (1 - \alpha)\mu(y_1 | \mathcal{Y}_x) + \alpha\mu(y_2 | \mathcal{Y}_x) \quad \forall \alpha \in [0,1]$$

Если в эксперименте получено поглощающее, уравновешенное и выпуклое подпороговое множество, то функционал Минковского удовлетворяет аксиомам нормы (зависящей от точки  $x$ ):

$$\mu(y | \mathcal{Y}_x) = \|y\|_x$$

На касательном пространстве эта норма порождает метрику:

$$\rho_x(y_1, y_2) = \|y_1 - y_2\|_x = \mu(y_1 - y_2 | \mathcal{Y}_x)$$

Множество стимулов, рассматриваемое как дифференцируемое многообразие, каждое касательное пространство которого обладает подобной геометрией, является пространством Финслера (Рунд, 1981). Требование дифференцируемости накладывает определенные ограничения на локальные нормы. В частности, приходится исключить из рассмотрения целый класс моделей различения стимулов, в которых подпороговое множество является многогранником (см. далее), хотя пространство с соответствующей нормой вполне допустимо.

На возможность использования финслеровых пространств в психофизике, вероятно, первым указал Роджер Шепард (Shepard, 1964). Частным случаем пространства Финслера с евклидовой квадратичной метрикой на касательных пространствах является риманово пространство. Идея о римановом цветовом пространстве, в котором для вычисления субъективного расстояния между цветами используется дифференциальная квадратичная форма (линейный элемент), была выдвинута Г. Гельмгольцем и развита Э. Шредингером. В дальнейшем исследователи, вдохновленные успешным использованием формализма геомет-

рии Римана в теории относительности, предлагали различные уточненные формулы для вычисления коэффициентов линейного элемента. Но выбор именно римановой геометрии как базового аппарата теории относительности объясняется тем, что в малых областях уравнения должны правильно описывать реальный мир с евклидовой геометрией. Для цветового пространства такое предположение никак не обосновано, нужно использовать более общую финслерову геометрию.

В сенсорном пространстве Финслера расстояние между удаленными стимулами можно найти только путем вычислений, суммируя цепочку субъективных различий между парами близких элементов. При этом в отличие от рассмотренного Фехнером одномерного случая результат зависит от выбора соединяющей два стимула траектории, вдоль которой производится суммирование (точнее говоря, берется интеграл).

Расстояние между двумя близкими точками  $x$  и  $x+dx$  определяется функцией:

$$ds = F(x, dx) = \mu(dx|Y_x) = \|dx\|_x$$

Пусть в сенсорном пространстве параметрически задана некоторая кривая  $x=x(\tau)$ , в каждой точке которой определен касательный вектор  $\dot{x}(\tau) = \frac{dx}{d\tau}$ . Расстояние вдоль кривой между парой точек  $x_1=x(\tau_1)$  и  $x_2=x(\tau_2)$  задается формулой:

$$\rho(x_1, x_2) = \int_{\tau_1}^{\tau_2} F(x, \dot{x})d\tau = \int_{\tau_1}^{\tau_2} \|\dot{x}(\tau)\|_x d\tau$$

Норма — однородная функция первого порядка, что гарантируют независимость длины кривой от способа параметризации. Минимальное значение длины по всем возможным кривым, соединяющим точки  $x(\tau_1)$  и  $x(\tau_2)$  определяет расстояние в сенсорном пространстве. Кривая, на которой расстояние минимально, является геодезической. Необходимым условием существования геодезических кривых является выполнение перечисленных выше требований к виду подпорогового множества.

Для того чтобы с помощью рассматриваемой модели можно было вычислять расстояния между стимулами, необходимо экспериментально найти подпороговые множества для достаточно большого числа элементов, что представляет собой трудоемкую задачу. Альтернативой является разработка моделей, позволяющих задавать нормы

в касательных пространствах в параметрической форме. Базовые соотношения будут выведены далее с использованием формализма многоканальных моделей зрительного различения (Дубровский, 2009; Дубровский, Гарусев, 2019).

Будем рассматривать сенсорную систему как совокупность каналов, независимо реагирующих на предъявленный стимул (Логвиненко, 1985). Каналы мыслятся как линейные функционалы или нейроподобные элементы, каждый из которых характеризуется вектором весов  $w$ , зависящим, вообще говоря, от точки  $w$  пространства Финслера:  $w=w(x)$ . Для упрощения записи мы не будем каждый раз указывать на эту зависимость в явном виде. Ответ испытуемого моделируется с помощью некоторой решающей функции, аргументами которой служат отклики каналов. В простейшем случае предполагается, что стимул обнаруживается испытуемым, если отклик любого из каналов превышает пороговый уровень («пиковое решающее правило»).

Будем считать, что векторы стимулов в касательном пространстве  $Y \in \mathbb{Y}$  и векторы весовых коэффициентов  $w \in \mathbb{W}$  являются элементами пары сопряженных пространств и что задана билинейная форма  $\langle w, y \rangle$  на  $\mathbb{W} \times \mathbb{Y}$ , приводящая эти пространства в двойственность. Каждая модель определяется набором каналов  $w_x = \{w_j\}$ , зависящих от точки  $x$  в пространстве Финслера, причем отклик канала с номером  $j$  на стимул  $y$  задается выражением:

$$r_j = \varphi_j(y) = \langle w_j, y \rangle$$

Данный формализм является естественным обобщением модели нейрона Маккаллока–Питтса (без функции активации). Действительно, если  $\mathbb{W}$  и  $\mathbb{Y}$  – конечномерные векторные пространства, то билинейную форму можно определить через компоненты векторов:

$$\langle w, y \rangle \stackrel{\text{def}}{=} \sum_i w_i y_i$$

В соответствии с пиковым решающим правилом стимул принадлежит подпороговому множеству, т. е.  $y \in \mathcal{Y}_x$ , если для всех  $w \in \mathbb{W}_x$  выполняется условие  $\varphi_j(y) \leq 1$  (без ограничения общности порог срабатывания каждого канала можно принять равным единице):

$$\mathcal{Y}_x = \left\{ y \in \mathbb{Y} : \max_j \langle w_j, y \rangle \leq 1 \right\}$$

Множество тех стимулов, которые не могут быть обнаружены отдельным каналом с весовой функцией  $w_j$ , является полупространством:

$$\{\mathbf{y} \in \mathbb{Y} : \langle \mathbf{w}_j, \mathbf{y} \rangle \leq 1\}$$

Подпороговое множество  $y_x$  – пересечение таких полупространств, поэтому в рамках данной модели оно должно быть выпуклым. Если набор каналов конечен, то множество  $y_x$  – выпуклый многогранник. К сожалению, эта модель не может рассматриваться в терминах финслерова пространства, поскольку нарушено условие дифференцируемости.

Можно, однако, перейти к моделям с более общим правилом решения:

$$\mathcal{Y}_x = \left\{ \mathbf{y} \in \mathbb{Y} : \left( \sum_{j=1}^n |\langle \mathbf{w}_j, \mathbf{y} \rangle|^p \right)^{\frac{1}{p}} \leq 1 \right\}$$

При  $p \rightarrow \infty$  получаем пиковое решающее правило. Для выполнения условий применимости финслеровой геометрии необходимо, чтобы  $1 < p < \infty$ . При этом, вообще говоря, должна быть задана зависимость весовых функций каналов от точки финслерова многообразия:  $w_j = w_j(x)$ , которая согласуется с экспериментом.

Потребуем дополнительно, чтобы пространство  $\mathbb{W}$  совпадало с линейной оболочкой набора векторов  $\{w_j\}$ . Это требование эквивалентно тому, что для любого стимула  $y \in \mathbb{Y}$  найдется хотя бы один канал  $w$  с ненулевым откликом:

$$\forall y \exists w : \langle w, y \rangle \neq 0$$

На самом деле это требование не является серьезным ограничением, поскольку мы всегда можем исключить из рассмотрения все стимулы, на которые сенсорная система не в состоянии реагировать. Формально данное условие необходимо (и достаточно в конечномерном случае), чтобы набор векторов  $\{w_j\}$  являлся *фреймом* или *каркасом* в пространстве  $\mathbb{W}$  (Малла, 2005).

При этом, как легко показать, выражение для решающего правила удовлетворяет аксиомам нормы в пространстве  $\mathbb{Y}$ :

$$\|\mathbf{y}\|_{\mathbb{Y}} = \left( \sum_{j=1}^n |\langle \mathbf{w}_j, \mathbf{y} \rangle|^p \right)^{\frac{1}{p}}$$

Таким образом, данная модель задает подпороговое множество с помощью некоторой нормы:

$$\mathcal{U}_x = \{y : \|y\|_{\mathbb{Y}} \leq 1\}$$

Покажем, что:

- модель такого рода всегда можно представить как модель с простым пиковым решающим правилом, но, возможно, с бесконечным числом каналов;
- в модели с пиковым решающим правилом для каждого стимула существует согласованный канал, отклик которого максимален.

Напомним, что в каждом из сопряженных пространств может быть задана своя норма  $\|y\|_{\mathbb{Y}}$  и  $\|w\|_{\mathbb{W}}$ , но эти двойственные нормы не являются независимыми и должны удовлетворять неравенству:

$$\langle w, y \rangle \leq \|w\|_{\mathbb{W}} \|y\|_{\mathbb{Y}}$$

Отсюда следует, что:

$$\|y\|_{\mathbb{Y}} = \sup_{w \neq 0} \frac{\langle w, y \rangle}{\|w\|_{\mathbb{W}}} = \sup_{\|w\|_{\mathbb{W}} \leq 1} \langle w, y \rangle$$

$$\|w\|_{\mathbb{W}} = \sup_{y \neq 0} \frac{\langle w, y \rangle}{\|y\|_{\mathbb{Y}}} = \sup_{\|y\|_{\mathbb{Y}} \leq 1} \langle w, y \rangle$$

Первое выражение является, по сути дела, формальным описанием пикового решающего правила, если множество каналов  $w_x$  задано не перечислением элементов, а более общим условием ограниченности по норме векторов весов  $w$  в пространстве  $\mathbb{W}$ :

$$\mathcal{W}_x = \{w : \|w\|_{\mathbb{W}} \leq 1\}$$

Тогда подпороговое множество является единичным шаром для двойственной нормы в сопряженном пространстве. Второе выражение позволяет по заданному при помощи нормы подпороговому множеству восстановить множество допустимых каналов в сопряженном пространстве, которое соответствует пиковому решающему правилу.

Будем называть согласованными такие вектора , для которых неравенство для двойственных норм превращается в равенство:

$$\langle \tilde{w}, \tilde{y} \rangle = \|\tilde{w}\|_{\mathbb{W}} \|\tilde{y}\|_{\mathbb{Y}}$$

По сути дела, можно говорить о согласованных направлениях, поскольку при растяжении или сжатии любого из этих векторов, т. е.  $\tilde{y} \rightarrow \lambda \tilde{y}$

или  $\tilde{\mathbf{w}} \rightarrow \lambda \tilde{\mathbf{w}}$ , равенство сохраняется. Как видно, согласованные вектора являются решением пары задач на поиск максимума:

- 1) найти весовую функцию канала, дающего максимальный отклик на заданный стимул;
- 2) найти стимул, который вызывает максимальный отклик у данного канала.

В качестве примера вернемся к модели, в которой подпороговое множество задается при помощи нормы в пространстве  $\mathbb{Y}$ :

$$\|\mathbf{y}\|_{\mathbb{Y}} = \left( \sum_{j=1}^n |\langle \mathbf{w}_j, \mathbf{y} \rangle|^p \right)^{\frac{1}{p}}$$

Покажем, как эту же модель можно определить при помощи двойственной нормы в сопряженном пространстве  $\mathbb{W}$ .

Как известно, для фрейма  $\{\mathbf{w}_j\} \subset \mathbb{W}$  существует двойственный фрейм  $\{\mathbf{y}_j\} \subset \mathbb{Y}$ , причем любой вектор  $\mathbf{y}$  представим как взвешенная сумма векторов этого фрейма (Малла, 2005):

$$\mathbf{y} = \sum_j \langle \mathbf{w}_j, \mathbf{y} \rangle \mathbf{y}_j$$

Тогда для любого вектора  $\mathbf{w}$  выполняется обобщенное равенство Парсеваля:

$$\langle \mathbf{w}, \mathbf{y} \rangle = \langle \mathbf{w}, \sum_j \langle \mathbf{w}_j, \mathbf{y} \rangle \mathbf{y}_j \rangle = \sum_j \langle \mathbf{w}, \mathbf{y}_j \rangle \langle \mathbf{w}_j, \mathbf{y} \rangle$$

Воспользуемся неравенством Гельдера:

$$\sum_{j=1}^n \xi_j \zeta_j \leq \left( \sum_{j=1}^n |\xi_j|^p \right)^{\frac{1}{p}} \left( \sum_{j=1}^n |\zeta_j|^q \right)^{\frac{1}{q}}$$

где  $p \geq 1$ ,  $q \geq 1$  и  $\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = 1$ .

Равенство достигается при  $\zeta_j = \lambda |\xi_j|^{p-1} \text{sign}(\xi_j)$ .

Положим  $\xi_j = \langle \mathbf{w}_j, \mathbf{y} \rangle$ ,  $\zeta_j = \langle \mathbf{w}, \mathbf{y}_j \rangle$ :

$$\sum_{j=1}^n \langle \mathbf{w}_j, \mathbf{y} \rangle \langle \mathbf{w}, \mathbf{y}_j \rangle \leq \left( \sum_{j=1}^n |\langle \mathbf{w}_j, \mathbf{y} \rangle|^p \right)^{\frac{1}{p}} \left( \sum_{j=1}^n |\langle \mathbf{w}, \mathbf{y}_j \rangle|^q \right)^{\frac{1}{q}}$$

В силу обобщенного равенства Парсеваля,

$$\langle \mathbf{w}, \mathbf{y} \rangle \leq \left( \sum_{j=1}^n |\langle \mathbf{w}_j, \mathbf{y} \rangle|^p \right)^{\frac{1}{p}} \left( \sum_{j=1}^n |\langle \mathbf{w}, \mathbf{y}_j \rangle|^q \right)^{\frac{1}{q}}$$

Полученное выражение можно рассматривать как неравенство для двойственных норм, откуда для нормы в сопряженном пространстве  $\mathbb{W}$  получаем:

$$\|\mathbf{w}\|_{\mathbb{W}} = \left( \sum_{j=1}^n |\langle \mathbf{w}, \mathbf{y}_j \rangle|^q \right)^{\frac{1}{q}}$$

Равенство достигается при  $\langle \tilde{\mathbf{w}}, \mathbf{y}_j \rangle = \lambda |\langle \mathbf{w}_j, \tilde{\mathbf{y}} \rangle|^{p-1} \text{sign}(\langle \mathbf{w}_j, \tilde{\mathbf{y}} \rangle)$ , что позволяет найти вектор весов согласованного канала  $\tilde{\mathbf{w}}$  для каждого вектора  $\tilde{\mathbf{y}}$ :

$$\tilde{\mathbf{w}} = \sum_j \langle \tilde{\mathbf{w}}, \mathbf{y}_j \rangle \mathbf{w}_j = \lambda \sum_j |\langle \mathbf{w}_j, \tilde{\mathbf{y}} \rangle|^{p-1} \text{sign}(\langle \mathbf{w}_j, \tilde{\mathbf{y}} \rangle) \mathbf{w}_j$$

Дальнейшее развитие теории многоканальных моделей предполагает отказ от часто нарушаемого в эксперименте условия уравниваемости подпорогового множества и переход от норм к калиброподобным функциям (Дубровский, 2009). При этом, однако, расстояния в обобщенном пространстве Фехнера могут зависеть от направления прохождения каждой кривой, т. е.

$$\rho(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2) \neq \rho(\mathbf{x}_2, \mathbf{x}_1)$$

Условие выпуклости подпорогового множества является принципиальным для всей теории, однако его широкая экспериментальная проверка до сих пор не проведена.

Изложенный формализм является, конечно, только первым шагом на пути построения обобщенных пространств Фехнера. Для того чтобы можно было рассчитывать субъективные расстояния и сравнивать их с реальными данными, необходимо в явном виде задать параметры модели для каждой точки в пространстве Финслера. Для этого требуется провести большую экспериментальную работу, которая еще ждет своего исследователя.

## **Литература**

- Дубровский В. Е.* Геометрический подход к задаче сенсорного различения // Современная психофизика / Под ред. В. А. Барабанщикова. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2009. С. 110–144.
- Дубровский В. Е., Гарусев А. В.* Векторная психофизиология Е. Н. Соколова: расширенный математический формализм // Векторная психофизиология: от поведения к нейрону / Под ред. Е. Н. Соколова, А. М. Черноризова, Ю. П. Зинченко. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2019. С. 678–699.
- Крылов В. Ю.* Геометрическое представление данных в психологических исследованиях. М.: Наука, 1990.
- Логвиненко А. Д.* Чувственные основы восприятия пространства. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1985.
- Малла С.* Вэйвлеты в обработке сигналов. М.: Мир, 2005.
- Рунд Х.* Дифференциальная геометрия финслеровых пространств. М.: Наука, 1981.
- Соколов Е. Н., Терехина А. Ю., Ребрик Б. С.* Геометрическая модель структуры знания // Вопросы психологии. 1986. Т. 6. С. 130–138.
- Dzhafarov E. N., Colonius H.* Multidimensional Fechnerian scaling: Basics // Journal of Mathematical Psychology. 2001. V. 45. № 5. P. 670–719. doi: 10.1006/jmps.2000.1341
- Shepard R. N.* Attention and the metric structure of the stimulus space // Journal of Mathematical Psychology. 1964. V. 1. № 1. P. 54–87. doi: 10.1016/0022-2496(64)90017-3

## **Differential geometry of sensory spaces**

*V. E. Doubrovski (Lomonosov Moscow State University, Moscow)*

The article discusses a formal scheme for presenting the results of psychophysical experiments using the concept of sensory space. The theoretical basis for the application of the proposed scheme is discussed. The connection between sensor spaces and neural-based multi-channel detection models is shown.

*Keywords:* psychophysics, sensory spaces, multi-channel detection models, Finsler spaces.

# МОДЕЛИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ЧЕЛОВЕКОМ И ЖИВОТНЫМИ В ВОСПРИЯТИИ И КОГНИТИВНЫХ ЗАДАЧАХ<sup>1</sup>

*И. Г. Скотникова (Институт психологии РАН, Москва)*

iris236@yandex.ru

В статье кратко охарактеризованы основные классы концептуально-математических моделей принятия решения и уверенности в сенсорно-перцептивных и когнитивных (прежде всего), а также в жизненных задачах: нединамические модели, динамические (включая диффузные), нейросетевые, квантовые. Указаны байесовские вероятностные принципы (и их основные мозговые механизмы) описания принятия решения человеком и животными, приведены мнения «за» и «против» понимания принятия решения в соответствии с этими принципами. Выделено их использование рациональным наблюдателем в задачно-ориентированной модели, где впервые дано математическое описание состава и процесса формирования ключевого для принятия решения понятия свидетельства в пользу выбираемой альтернативы решения.

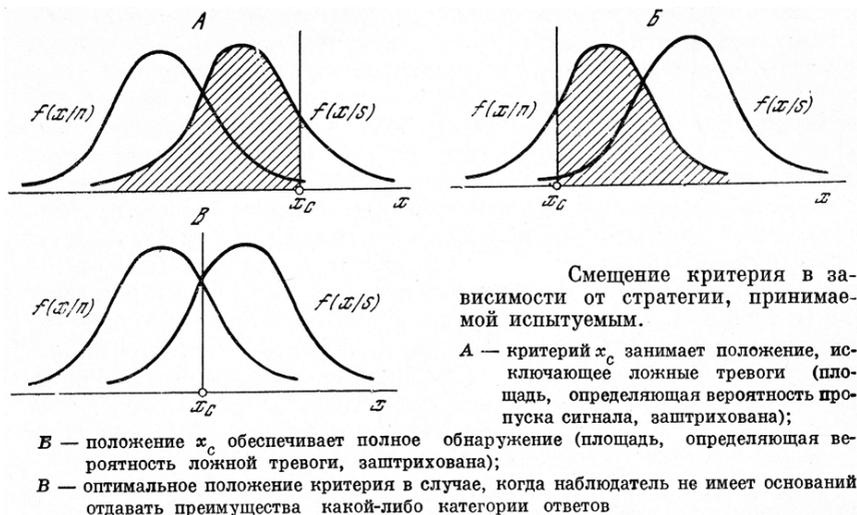
*Ключевые слова:* принятие решения, обнаружение и различение объектов, когнитивные задачи, уверенность, концептуально-математические модели, свидетельство, байесовский вероятностный механизм, альтернативы решения.

Известен ряд классов концептуально-математических моделей принятия решения (ПР) и уверенности (Ув) для типичных задач неопределенности: порогового сенсорного различения (Шендяпин, Скотникова, 2019).

*Нединамические модели* разработаны в русле теории обнаружения сигнала (ТОС), где выделен основной механизм: оперирование критериями решения, что стало принципиальным шагом в описании ПР. Для выбора ответа в сенсорных задачах (есть сигнал/нет сигнала или различие между стимулами) сенсорное впечатление сравнивается с критерием. Уверенность в правильности выбора соответствует рас-

---

<sup>1</sup> Исследование выполнено по Госзаданию № 0138-2023-0006.

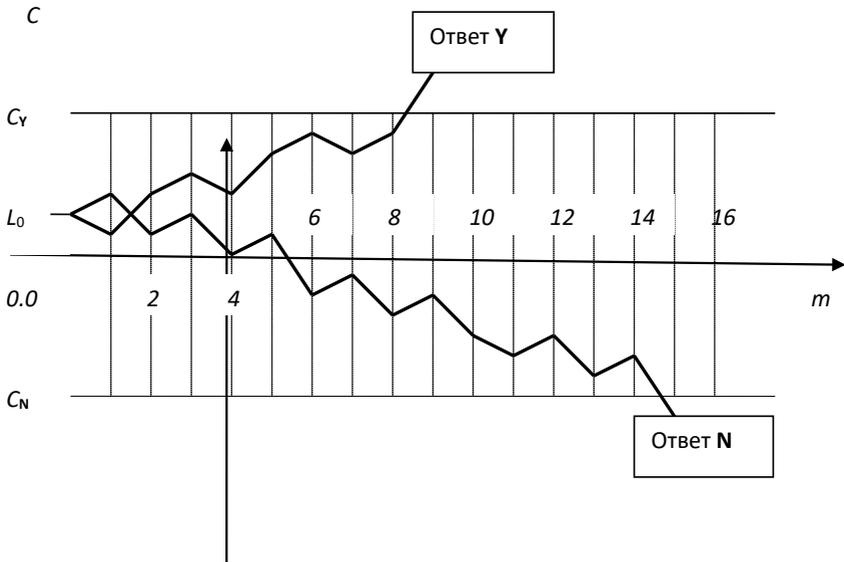


**Рис. 1.** Модель ПР в ТОС. Распределения сенсорных впечатлений  $x$  (по абсциссе) от шума и сигнала в задаче обнаружения сигнала (Бардин, 1976). То же для различения двух сигналов

стоянию от сенсорного впечатления до критерия, определяемого вероятностями стимулов и ценами ответов.

*Эволюционная модель* компетенции в ресурсах (Evolution model) предлагает для моделей сложных жизненных решений описание ПР и уверенности с помощью нормального либо биномиального распределения, но не сенсорных впечатлений, а осознанных или неосознанных представлений человека или животного о своих возможностях, а также с помощью цен ответов (Jonson, Fowler, 2011).

*Динамические модели:* модели случайных блужданий, описывающие стохастическую динамику процесса восприятия и ПР как последовательность временных шагов восприятия и решения в микроинтервалах времени. В них по отсчетам нормально распределенной сенсорной репрезентации объекта формируются используемые для ПР сенсорные свидетельства в пользу каждой альтернативы решения (о характере воспринимаемого объекта). Свидетельства поступают на вход нейронных сетей и копятся на отдельных счетчиках/аккумуляторах или с разными знаками на общем счетчике. Выбирается альтернатива, для которой сумма свидетельств первой достигает своего порога. Более уверенный ответ дается тогда, когда сумма свидетельств в поль-



**Рис. 2.** Схема процесса случайных блужданий и накопления сумм свидетельств ( $C$ ) при двухальтернативном выборе ответа: Y (Yes – да) или N (No – нет);  $L_0$  – начальная точка стохастического пути, 1–16– $m$ ... – его шаги;  $C_Y$  и  $C_N$  – пороги (критические суммы свидетельств) для ответов Y и N

зу выбранной альтернативы больше, чем в пользу отвергнутой (Smith, Ratcliff, 2004, цит. по: Скотникова, 2019).

Принципы случайных блужданий и ТОС объединены в *динамическом* ее варианте – *двухфазной модели*. На первой фазе ПР копятся свидетельства в пользу альтернатив ответа на микрошагах стохастического «блуждания» между ними; на второй фазе полученное свидетельство в пользу альтернативы, порог которой достигнут первым, категоризуется в оценку уверенности по схеме ТОС для ранжирования (рейтинга) уверенности: выбирается та ее категория, в которую попадет стохастический путь (Pleskas, Busemeyer, 2010).

*Модели, использующие математический аппарат формальных нейронов*, представляющих сами альтернативы и их аспекты, в сложных когнитивных и жизненных задачах выбора из нескольких альтернатив, для каждой из которых есть свой аккумулятор свидетельств. Уверенность в правильности ответа определяется, в частности, числом колебаний между альтернативами до ПР, что соответствует зафиксиро-

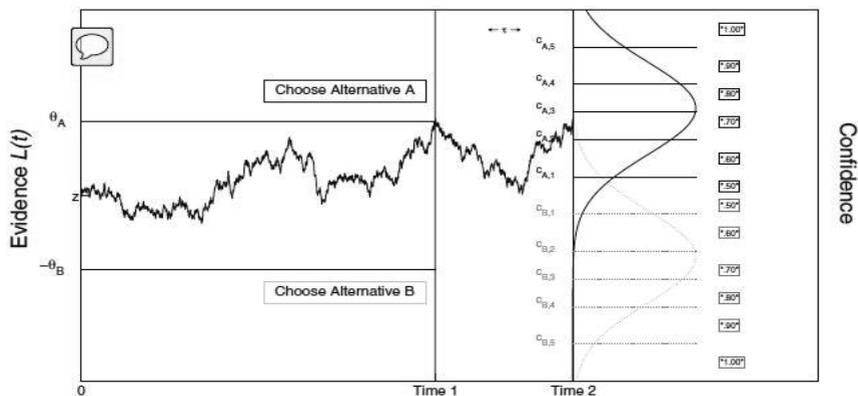


Рис. 3. Схема двухфазной динамической модели.

- $\theta_A, \theta_B$  – пороги для выбора альтернатив решения А и В;
- $z$  – начальная точка стохастического пути;
- $C_{Ai}$  – критерии оценок уверенности (границы между категориями уверенности);
- Evidence  $L(t)$  – величина свидетельства, накопленного за время  $t$ ;
- Confidence – величина уверенности

рованному в человеческом опыте и языке представлению о сомнениях как о колебаниях в ходе решения (Usher, Zakay, 1993). Предложены модели нейронных сетей, обеспечивающих ПР на основе вероятностной парадигмы Байеса и парадигмы выбора альтернативы при достижении ее информационного порога (Bogacz, 2007). Оптимальное решения достигается при подавлении нейрональной системы привычек и автоматизмов системой целенаправленного поведения по диффузному механизму (Ключарев и др., 2011).

*Квантовые аналогии* указывают на фундаментальные закономерности многовариантных процессов на разных уровнях организации природы, что ведет к согласованию данных естественных и гуманитарных наук на общей методологической основе. Квантовая психология объединяет принципы квантовой механики и физики с теориями и методами психологии. Психические феномены понимаются как часть глобального мира, как имеющие волновой характер, порождаемый квантово-волновой активностью мозга. Поэтому возможно взаимодействие сознания, материализованного в волне как в носителе, с материальными объектами и субъектами, что описывается в терминах состояний, ве-

роятностей и измерений. Квантовые представления о ПР отражают его варианты, несовместимые с теорией рационального выбора. В отличие от моделей блужданий квантово-подобные модели оперируют не реальными вероятностями событий, а амплитудами их потенциального обнаружения в эксперименте. Это позволяет моделировать ПР с произвольными уровнями: неопределенности внешних условий, способности субъекта к различению выгодностей решений, классичности/квантовости логики ПР. По данным экспериментов, человек способен бессознательно порождать и прорабатывать несколько гипотез одновременно, хотя в каждый момент осознается единственная. Сознательный уровень психики понимается как носитель преимущественно классических свойств, а бессознательный – квантовых. Квантовая теория служит вероятностному моделированию когнитивных процессов и субъективных факторов ПР (эмоций, предрассудков, эвристик), не включенных в осознаваемую полезность и рациональную вероятность. ПР основывается на состоянии субъекта, определяемом базисными когнитивными факторами, и на взвешивании выигрышей и рисков, но реализуется на более широком пространстве возможностей мышления (недоступных сознательному контролю), чем альтернативы выбора, не являющиеся ни взаимоисключающими, ни ортогональными. (Частично) бессознательные решения описываются операторными мерами квантовой теории измерений, отражающими принятие «нечетких» решений. В результате когнитивная система оказывается не в одном из состояний ПР, но в их смешанной комбинации, зависящей от исходного когнитивного состояния. Механизм (частично) бессознательного ПР объясняет не повторяемость последовательных одинаковых решений: на следующее суждение, вероятно, повлияет предшествующее, на которое, вероятно, повлияло предыдущее (Jaeger, Trueblood, 2019).

*Задачно-ориентированная модель* впервые развивается в ИП РАН (Шендяпин, Скотникова, 2019). Модель разработана в парадигме вероятностного прогнозирования как базового механизма восприятия и ПР при неопределенности. ПР базируется на получаемом в ходе наблюдения свидетельстве  $\Psi$  (сенсорно-перцептивных данных о воспринимаемых объектах и вероятностях их предъявления) в пользу одной из альтернатив ответа. Впервые математически описаны состав и процесс формирования свидетельств (этого нет в зарубежных моделях).  $\Psi$  – неосознаваемая переменная, промежуточная между входной информацией и ПР. Субъективно  $\Psi$  – степень  $U_v$  в будущем ответе, она

осознается при требовании ее оценить. Выбор решения определяется свидетельством, а величина Ув — его отклонением от критерия ПР, задаваемого прибылями при верных решениях, потерями при ошибках и затратами субъекта. При высоких рисках критерий разделяется на 2, между ними возникает зона сомнений: человек становится осторожным. Экспериментально подтверждено предсказание модели о повышении правильности решения при использовании ответов «Сомневаюсь», которых больше у осторожных и у рефлексивных лиц (Шендяпин, Скотникова, 2019).

В парадигмах ТОС и Байеса описана Ув как субъективный индикатор того, принимать ли решение на основе прогноза его эффективности, и как внутренняя обратная связь для оценки эффективности вынесенного решения (Vogacs, 2007). Выделены три типа эффективности и разработаны три соответствующих варианта модели для трех задач как целей деятельности субъекта в конкретных условиях (Лентьев, 1975): 1) цель — наиболее полезное решение, условия — цены верных и ошибочных решений; 2) цель — наиболее успешное решение, условия — цены решений и затраты субъекта; 3) цель — наиболее правильное решение, условия — отсутствие цен и затрат.

Структура ПР в восприятии: получение наблюдателем априорного частотного свидетельства о вероятностях предъявляемых стимулов; получение сенсорного впечатления о них при наблюдении; преобразование его в сенсорное свидетельство; суммирование частотного и сенсорного свидетельств в интегральное свидетельство  $\Psi$  и переживание в виде Ув превышения  $\Psi$  над критерием ПР; ПР и ответ.

Свидетельство интегрирует информацию о многопризнаковых объектах (например, о лицах), описываемую многокомпонентным вектором в многомерном пространстве образов. Это переход от описания ПР при отображении объекта по отдельным признакам (на одномерных сенсорных осях), к описанию его на обобщенной оси свидетельства. Т. е. введена ось ПР и ее единица — величина свидетельства (Шендяпин, Скотникова, 2019).

Перспективы математического моделирования временной динамики ПР в восприятии связаны с его описанием по механизму *байесовского вероятностного вывода* (Vogacs — см.: Скотникова, 2021). Выделены три динамических компонента ПР: его скорость, равноценная накоплению свидетельств, их утечка в течение 250 мс после предъявления информации и временные соотношения фаз ее обработки: продолжительность, насыщенность и ценность ранней информа-

ции изменяет обработку поздней (Trueblood et al. — см.: Скотникова, 2021).

Ведется дискуссия, являются ли *мозговые механизмы ПР* общими для когнитивных решений и Ув в них. Предполагается общность механизмов накопления свидетельств на микрошагах решения (van den Berg et al. — см.: Скотникова, 2021), определяющая все три показателя ПР: результат выбора, его время и Ув в нем (Fetsch et al. — см.: Скотникова, 2021). Но инактивация орбитофронтальной коры крыс при выборе запахов нарушала их реакции об Ув как времени ожидания награды (предложена нормативная модель), но не влияла на правильность решений (Lak et al. — см.: Скотникова, 2021). Это сходно со зрительным различием длин отрезков людьми (Schoenherr — см.: Скотникова, 2021) и с тем, что профили фМРТ-активности в передней префронтальной коре опосредуют влияние свидетельств на Ув в перцептивных ПР независимо от цен решений (Fleming et al. — см.: Скотникова, 2021). Все же монотонная взаимосвязь (хотя не тождество) между правильностью решений и Ув в них (см.: Скотникова, 2021) указывает на общий психологический механизм ПР и Ув. У человека нет другого субъективного индикатора для выбора решения, кроме Ув в нем, и потому, согласно большинству моделей, решение принимается на основе Ув.

*Выбор животными* оптимального варианта поведения при неопределенности и риске объясняется моделями ПР, основанными на байесовском вероятностном правиле (Vogacz — см.: Скотникова, 2021). Чтобы выбрать наиболее вероятный объект в задаче различения, мозг оценивает апостериорные вероятности их предъявления. Так, медоносные пчелы выбирают участки сбора меда из многих динамических вариантов (Nauß, Agathi — см.: Скотникова, 2021), ПР о выборе из четырех направлений поиска меда включает логические операции с разветвленной структурой на основе мотивации (наличия меда в местах поиска) и пространственно-временного знания (когнитивной карты и времени суток (Najera et al. — см.: Скотникова, 2021). Успешность решения осы-паразита о времени ухода из хозяина-субстрата растет с ростом частоты встреч с новыми хозяевами, что объясняется байесовским механизмом оценки времени при накоплении нейросекреторного материала (Thiel — см.: Скотникова, 2021). При различении численностей с разной частотой и величиной награды мыши адаптивно приближали свои решения к оптимальным на основе накопленной вероятностной информации (Berkaý et al. — см.: Скотникова, 2021). Обсуждают-

ся аргументы за и против ПР животными и людьми по байесовскому принципу (Trimmer – см.: Скотникова, 2021). Модели рациональных решений животных и предпочтения оптимальных вариантов обычно основаны на бинарном выборе. Но животные часто выбирают из нескольких вариантов, и сложные решения бывают иррациональными. У лягушек тунгара обнаружены иррациональные решения и непредсказуемые нелинейности при выборе половых партнеров, сравнение которых бывает основано на пропорциональных, а не абсолютных их различиях (Ryan et al. – см.: Скотникова, 2021). Но летучие мыши даже при сложных наборах вариантов принимали рациональные решения: оценивали три вида приманки независимо друг от друга (Hemingway et al. – см.: Скотникова, 2021).

ПР животными объясняется моделями накопления свидетельств, но как предложенные вычисления реализуются мозгом? Функциональная визуализация целостного мозга личинок рыбы *Danio rerio* показывает в разных его зонах активность нейронов, в течение нескольких секунд интегрирующих сенсорные свидетельства для ПР о поворотах в движении (Dragomir, Portugues – см.: Скотникова, 2021). На основе соотношения динамики этой активности с ПР личинками о движении случайной точки предложена биофизическая модель формирования нисходящей моторной команды с использованием аккумулятора свидетельств с уткой и порога динамического решения (Bahl, Engert – см.: Скотникова, 2021).

Разработана модель ПР животными при зрительном восприятии на основе своего «информационного состояния» и взвешивания выгод и издержек решения (Blumstein, Bouskila – см.: Скотникова, 2021). Это сходно с моделями ПР человеком как оценке баланса свидетельств в пользу вариантов решения. Такие «информационные состояния» регистрировались по выбору и латентности реакций кур, соотносивших размер награды и цены ее получения при выборе пути в лабиринте к большему числу зерен (Davies et al. – см.: Скотникова, 2021). На основе подобных состояний обезьяны и дельфины оценивают вероятность правильности вынесенного ими будущего ответа в когнитивной задаче (Kornell – см.: Скотникова, 2021). Красноногие черепахи применяли разные стратегии выбора пути в 8-рукавном лабиринте: поворот на 1 рукав, ведущий к минимуму ошибок, или на 2 рукава (Mueller-Paul et al. – см.: Скотникова, 2021). Видимо, повороты служили получению зрительных «свидетельств» в пользу альтернативных путей.

## Заключение

Математическое моделирование ПР человеком и животными является междисциплинарным: ведется в психологии, нейробиологии, этологии, экологии. Именно на этом пути достигается понимание внутренних механизмов ПР.

## Литература

- Леонтьев А. Н. Деятельность, сознание, личность. М.: Изд-во полит. лит., 1975.
- Ключарев В. А., Шмидт А., Шестакова А. Н. Нейроэкономика: нейробиология принятия решений // Экспериментальная психология. 2011. Т. 4. № 2. С. 14–35.
- Скотникова И. Г. Принятие решения – ключевое звено психической деятельности // Разработка понятий в современной психологии. Т. 3 / Под ред. А. Л. Журавлева и др. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2021. С. 162–200.
- Шендяпин В. М., Скотникова И. Г. Расширение модели принятия решения и уверенности в сенсорных задачах на восприятие многопризнаковых перцептивных объектов // Лицо человека: познание, общение, деятельность / Под ред. К. И. Ананьевой и др. М.: Когито-Центр–МИП, 2019. С. 151–164.
- Bogacz R. Optimal decision-making theories: linking neurobiology with behavior // Trends in Cognitive Sciences. 2007. № 11. P. 118–125.
- Jaeger C. B., Trueblood J. S. Thinking quantum: a new perspective on decision making in law // Florida State Law Review. 2019. V. 46 (4). P. 733–805.
- Jonson D. D. P., Fowler J. H. The evolution of overconfidence // Nature. 2011. V. 15. P. 317–320.
- Pleskas T. J., Busemeyer J. R. Two-Stage Dynamic Signal Detection: a theory of choice, decision time and confidence // Psychological Review. 2010. V. 117 (3). P. 864–901.
- Ratcliff R., Smith P. L., Brown S. D., McKoon G. Diffusion decision model: current issues and history // Trends in Cognitive Sciences. 2016. V. 20. P. 260–281.
- Usher M., Zakay D. A neural network model for attribute-based decision processes // Cognitive Science. 1993. V. 17. P. 349–396.

## **Models of human's and animals' decision-making in perception and cognitive tasks**

*I. G. Skotnikova (Institute of Psychology Russian Academy of Sciences, Moscow)*

The main classes of conceptual and mathematical models of decision-making and confidence in sensory-perceptual/cognitive (primarily) and in common life tasks are briefly characterized: Non-Dynamic models, Dynamic (including Drift Diffusion ones), Neural Network and Quantum ones. Bayesian probabilistic principles (and their main brain mechanisms) are indicated for decision-making by humans and animals. Pros and cons are reflected for decision making understanding in accordance with these principles. Their use by a rational observer is highlighted in the task-oriented model, where the mathematical description is given firstly for the content and formation process of the key concept of evidence for decision-making in favor of a response alternative chosen.

*Keywords:* decision making, detection and discrimination of objects, cognitive tasks, confidence, conceptual and mathematical models, evidence, Bayesian probabilistic mechanism, decision alternatives.

# БАЙЕСОВСКИЙ МЕХАНИЗМ И МУЛЬТИСЕНСОРНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ: ЗАДАЧНО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ И УВЕРЕННОСТИ В ВОСПРИЯТИИ<sup>1</sup>

*В. М. Шендяпин (Институт психологии РАН, Москва)*

valshend@yandex.ru

В статье представлена оригинальная концептуально-аналитическая модель принятия решения в пороговых сенсорно-перцептивных задачах как типичных ситуациях с неопределенностью. Показано, что в условиях неопределенности неотъемлемой частью субъективного прогноза и контроля эффективности решений (часто ошибочных) является уверенность человека в их правильности. Предложено использовать понятие рациональной веры для описания принятия решения в условиях неопределенности. Обоснована применимость математического аппарата байесовского подхода к моделированию различения сходных объектов и оценке уверенности как частного случая веры. В рамках этого подхода получено математическое выражение для информационного свидетельства – решающей переменной, необходимой для рационального выбора альтернативы решения.

*Ключевые слова:* концептуально-аналитическая модель, принятие решения, байесовский механизм, уверенность, информационное свидетельство, сенсорно-перцептивные задачи, критерий принятия решения.

## **Предмодельные теоретические представления о принятии решений при восприятии**

Принятие решения (ПР) – ключевой компонент психической деятельности человека и поведения животных. В типичных для современного мира ситуациях неопределенности основное средство субъективного прогноза и контроля эффективности решений (часто ошибочных) – уверенность (Ув) в них человека. Известен ряд классов концептуаль-

---

<sup>1</sup> Исследование выполнено по Госзаданию № 0138-2023-0006.

но-математических моделей ПР и Ув для типичных задач с неопределенностью – порогового сенсорного различения (см.: Шендяпин, Скотникова, 2019). Но в этих моделях нет четких определений понятий Ув и свидетельства в пользу выбираемой альтернативы решения о воспринимаемых объектах.

Характеризуя методологию математического моделирования психических феноменов, В. Ю. Крылов подчеркивал ценность нормативных моделей, целью которых является не столько математическое описание данных натурального эксперимента (с этим успешно справляются дескриптивные модели), сколько помощь в постановке экспериментальных задач, уточнении понятий верифицируемой теории, а также осмыслении полученных в результате эксперимента данных (Крылов, 1981). Именно разработке нормативной модели ПР и Ув в нем при восприятии посвящена данная работа. Ниже будут даны математические определения понятиям Ув и свидетельства в байесовской парадигме, описывающей идеального наблюдателя.

В опубликованных работах, посвященных исследованию уверенности, нам не удалось найти готовую словесно-смысловую («предмодельную») концепцию, четко выделяющую суть понятия уверенности в свете современного состояния психологии. Математические описания принятия решения и оценки уверенности в существующих моделях часто формулируются сразу на языке математики, минуя стадию психологической предмодели. Между тем моделирование может быть действительно полезным инструментом теории и эксперимента только тогда, когда его математическое содержание соответствует психологическому либо общенаучному взгляду на явление. Поэтому разработку модели нам пришлось начинать с выяснения роли уверенности в процессе восприятия.

Очевидно, что об уверенности в правильности решения имеет смысл говорить только в ситуации неопределенности, когда возможны несколько правдоподобных вариантов решения задачи. Часто сами варианты известны, а трудность состоит в том, чтобы выбрать среди них один, наиболее вероятный либо выгодный. В таких случаях вместо строго логического вывода решения, являющегося одновременно и способом найти решение, и доказательством его правильности, приходится опираться на информационные свидетельства в пользу правильности каждого из вариантов. Свидетельства для уверенного выбора решения человек обычно получает из своего либо чужого опыта. Но поскольку опыт принципиально неполон, то свидетельства, в от-

личие от логического доказательства, не гарантируют абсолютную правильность выбранного варианта решения.

В реальной жизни человек в ситуации неопределенности обычно выбирает тот вариант, в котором он наиболее уверен. Слова «уверенность», «вера», а также «доверие», имеют общий корень – «вер». Ссылаясь на Г. Г. Шпета, В. П. Зинченко выделяет главное, на его взгляд, содержание веры – «принятие возможности за действительность» (Зинченко, 2001; Шпет, 1994). Наблюдая за человеком, который решает не математическую, а обычную практическую задачу, можно констатировать, что с логической точки зрения такое решение может иметь много вариантов. Когда же человек выбирает одно из возможных решений, а затем действует так, будто оно действительно правильное, то он, очевидно, верит в свое решение.

Вера в ситуации неопределенности необходима даже с точки зрения биологического выживания. Необходимость действовать в условиях неопределенности (при которой неизбежны ошибки) создает для человека ситуацию риска. Стресс, порождаемый этим риском, и вытекающие из него психосоматические последствия могут представлять серьезную угрозу для здоровья. Избавиться от этой угрозы можно только с помощью веры в правильность своих действий, или, говоря другими словами, с помощью принятия их как правильных и адекватных, переживая свою уверенность в них (Скотникова, 2008). Таким образом, разрабатывая предмодельную концепцию уверенности, мы пришли к выводу, что вера является неотъемлемым атрибутом любого принятия решения субъектом в условиях неопределенности.

Однако «принятие возможности за действительность» в разных жизненных ситуациях происходит по-разному. С наивной, ничем не обоснованной верой мы имеем дело тогда, когда субъект, принимая решение, полностью лишен возможности использовать объективные свидетельства, основанные на опыте.

В отличие от наивной веры доверие предполагает, что некоторый объективно обоснованный способ выбора решения в принципе имеется, но субъекту в силу определенных причин он недоступен. Решение в этом случае фактически принимается теми авторитетами, которым доверяет человек.

Уверенность же отличается от доверия тем, что субъект располагает собственными возможностями по формированию информационных свидетельств, необходимых для выбора решения. Таким образом, уверенность в принятом решении можно определить как частный ва-

риант веры, характеризующийся наличием у субъекта определенного механизма формирования свидетельств, основанных на его личном опыте решения аналогичных задач в прошлом.

Для выживания в быстро изменяющейся природной среде восприятие внезапно появившихся и потенциально опасных объектов, равно как и выбор адекватного ответного действия, должно происходить «в реальном времени», т. е. до того, как субъект погибнет. Следовательно, ни восприятие, ни выбор действия не могут основываться на каких-то изолированных методах вычисления, чувствительных к качеству и количеству исходной информации. Ведь необходимой для этого информации в реальной жизни всегда не хватает. Принципиальная недостаточность либо неточность информации, свойственная принятию решений в условиях неопределенности, осознается в современной науке как принцип ограниченной рациональности, или «запрет Саймона» (Simon, 1976).

Набор признаков наблюдаемых объектов, используемых для принятия решения в процессе практической деятельности и накопления жизненного опыта, может эффективно расширяться и уточняться. Однако даже самый оптимальный для определенной ситуации набор признаков в других ситуациях все же рискует оказаться недостаточным, что не позволяет живому организму полностью преодолеть неопределенность при восприятии внешней среды.

Отказ от использования процедур логического вывода при восприятии является следствием принятого нами положения, что многие знания берутся из практического опыта, а опыт принципиально неполон. Избавление же теории познания от иллюзии обладания «точными и полными знаниями» является новым шагом вперед, свидетельством «взросления» науки (Нариньяни, 2004).

Переход от классического материализма науки, сознательно дистанцировавшегося от высказываний о вере и поэтому избегавшего любых неопределенностей при изучении природы и человека, к современным взглядам на систему знаний о мире произошел относительно недавно, в начале XX в. (Нариньяни, 1994; Тарасов, 2002). Отказ от лапласовского детерминизма классической физики, появление квантовой механики и последующее становление нового материализма при этом связаны с таким направлением системных исследований, в котором наука более не отождествляется с определенностью, а незнание из объекта осуждения становится объектом научных исследований (Нариньяни, 2004). Необходимость концептуального включе-

ния в психологическую науку понятий веры, доверия и уверенности является дополнительной целью нашей работы.

Так как систематическое изучение неопределенности началось сравнительно недавно, то разработка модели ПР даже для такого частного и наиболее изученного в настоящее время вида веры, как уверенность при восприятии в условиях неопределенности, в настоящее время является сложной задачей. Поэтому при работе над моделью уверенности мы использовали еще одно условие, сильно упрощающее ее разработку, — рациональность наблюдателя, принимающего решение.

Развивая байесовский подход к ПР в сенсорных задачах, мы учли в нашей модели фактор веры в виде двух частных случаев: доверия (измеряется байесовскими априорными вероятностями правильности ответов) и Ув (в зависимости от условий задачи измеряется апостериорными вероятностями правильности ответов, либо связанными с ними апостериорными средними эффективностями ответов). При разработке модели мы также учитывали, что механизм восприятия должен выдавать однозначный ответ и реализовываться на имеющейся у организма «реальной аппаратуре» (нейронной элементной базе).

Оценка возможностей байесовского подхода к моделированию уверенности в сенсорных задачах

В когнитивной науке широко применяется парадигма байесовского вероятностного вывода (Vogacz, 2007), учитывающая неопределенность восприятия. Приведем доводы в пользу обоснованности использования вероятностного описания восприятия, лежащего в основе байесовского вывода.

Еще в 1927 г., до появления в психофизике первых работ, использующих теорию обнаружения сигнала, американский психофизик Л. Терстон предположил, что многократное предъявление одного и того же физического стимула  $A$  формирует у человека неоднозначное сенсорное впечатление, описываемое случайной переменной  $X$ , непрерывные значения  $x$  которой в разных пробах различны и распределены с нормальной плотностью вероятности  $f(x|A)$  на некоторой числовой оси (Терстон, 1974). Предъявление же другого близкого стимула  $B$  порождает распределение плотности вероятности  $f(x|B)$ , отличное от  $f(x|A)$ .

Позднее стало ясно, что идею Терстона о вероятностном описании неопределенности восприятия можно использовать не только для одномерных стимулов, но и для более сложных объектов. В ходе работы сенсорных систем в мозгу может формироваться многомерный образ наблюдаемого объекта, описываемый уже не одним числом, а векто-

ром  $X$ . Компоненты  $X$  могут представлять форму, цвет, громкость, запах и другие более сложные признаки разных модальностей. Поскольку в работе сенсорных систем всегда присутствует шум, компоненты  $X$  являются случайными переменными. Будем использовать вектор  $x$  для обозначения числовых значений вектора  $X$ , полученных в текущем наблюдении. Согласно Терстону, предполагается, что образы сходных объектов  $A$  и  $B$  имеют близкие числовые значения вектора  $x$ , а распределения  $f(x|A)$  и  $f(x|B)$  перекрываются. Если объекты  $A$  и  $B$  сходны, то они оба могут соответствовать полученному вектору  $x$ .

Сформулируем теперь условия сенсорной задачи. Если был предъявлен объект  $A$ , то наблюдатель должен дать ответ  $a$ , если объект  $B$ , то ответ  $b$ . В сенсорных задачах часто используют награды за правильные ответы:  $v_{Aa} > 0$ ,  $v_{Bb} > 0$  и штрафы за ошибочные:  $v_{Ab} < 0$ ,  $v_{Ba} < 0$ .

Чтобы выбрать наиболее вероятный объект и оценить уверенность в правильности выбора, рассчитаем апостериорные вероятности предъявления объектов  $A$  и  $B$ , используя теорему Байеса:

$$P(A|x) = [P(A)f(x|A)] / [P(A)f(x|A) + P(B)f(x|B)],$$

$$P(B|x) = [P(B)f(x|B)] / [P(A)f(x|A) + P(B)f(x|B)].$$

Правило принятия решения 1: объект  $A$  был предъявлен, если  $P(A|x) > P(B|x)$ , в противном случае предъявлен  $B$ . Чем больше разность  $P(A|x) - P(B|x) > 0$ , тем больше Ув наблюдателя в том, что был предъявлен  $A$ . Т.е. Ув в принятом решении (необходимая оценка его точности) можно определить как разность между апостериорными вероятностями предъявления объектов  $A$  и  $B$ :  $C_{cor} = P(A|x) - P(B|x)$ . Если выбран объект  $A$ , то значение Ув положительное, в противном случае оно отрицательное. Чем больше абсолютная величина  $C_{cor}$ , тем выше оценка точности вынесенного ответа.

Чтобы выбрать наиболее полезный ответ, наблюдатель должен рассчитать среднюю полезность ( $V$ ) для  $a$ - и  $b$ -ответов:

$$V(a|x) = P(A|x)v_{Aa} + P(B|x)v_{Ba},$$

$$V(b|x) = P(A|x)v_{Ab} + P(B|x)v_{Bb}.$$

Правило принятия решения 2: если  $V(a|x) > V(b|x)$ , то следует дать  $a$ -ответ; иначе следует дать  $b$ -ответ. Ув в  $a$ -ответе можно определить, как разность  $C_{util} = V(a|x) - V(b|x)$ . Если выбран  $a$ -ответ, то значение Ув положительное, иначе оно отрицательное.

Описанный байесовский аппарат в математическом смысле очень прост, но имеет серьезный недостаток: чтобы использовать указанные

правила ПР и оценки уверенности, мозг наблюдателя должен для вычисления вероятностей уметь выполнять операции умножения и деления. Вряд ли нейроны («реальная аппаратура» мозга) могут выполнять такие операции.

### Информационно-байесовская модель, основанная на свидетельстве

Благодаря введению сначала для одномерных, а затем и для многомерных объектов (Шендяпин, Барабанщиков, 2008; Шендяпин, Скотникова, 2019) оригинальной формулы свидетельства в пользу одного из двух альтернативных объектов, например,  $A$ :

$$\Psi_A(x) = \ln[P(A|x)/P(B|x)] = \ln\{[P(A)f(x|A)]/[P(B)f(x|B)]\},$$

мы добились того, что в нашей модели правила ПР не используют апостериорные вероятности. Для ПР достаточно только вычислить введенное нами свидетельство  $\Psi_A(x)$ . Логарифм отношения вероятностей, определяющий  $\Psi_A(x)$ , имеет несомненный информационный смысл. Поэтому мы назвали модель информационно-байесовской.

С помощью введенного свидетельства  $\Psi_A(x)$  мы получили новые более наглядные выражения для апостериорных вероятностей объектов  $P(A|x)$  и  $P(B|x)$  и средних значений полезности альтернативных ответов  $V(a|x)$  и  $V(b|x)$ :

$$\begin{aligned} P[A|\Psi_A(x)] &= 0,5 \{1 + \text{th} [\Psi_A(x)/2]\} \\ P[B|\Psi_A(x)] &= 0,5 \{1 - \text{th} [\Psi_A(x)/2]\} \\ V[a|\Psi_A(x)] &= 0,5 \{(v_{Aa} + v_{Ba}) + (v_{Aa} - v_{Ba}) \text{th} [\Psi_A(x)/2]\} \\ V[b|\Psi_A(x)] &= 0,5 \{(v_{Ab} + v_{Bb}) + (v_{Ab} - v_{Bb}) \text{th} [\Psi_A(x)/2]\}, \end{aligned}$$

где функция  $\text{th}(x)$  – гиперболический тангенс. Далее в тексте опускаем нижний индекс  $A$  и аргумент  $x$  переменной  $\Psi_A(x)$ .

Если значение информационной переменной  $\Psi$  растет, то  $P(A|\Psi)$  и  $V(a|\Psi)$  также монотонно возрастают, а  $P(B|\Psi)$  и  $V(b|\Psi)$  монотонно уменьшаются. Следовательно,  $\Psi$  действительно является «свидетельством в пользу объекта  $A$ ». В силу монотонности кривых  $P(A|\Psi)$ ,  $P(B|\Psi)$  они пересекаются только в одной точке:  $\Psi_{\text{cr}} = 0$  на оси  $\Psi$ . Кривые  $V(a|\Psi)$ ,  $V(b|\Psi)$  также пересекаются только в одной точке:  $\Psi_{\text{cr}} = \ln[(v_{Bb} - v_{Ba})/(v_{Aa} - v_{Ab})]$ .

Универсальные правила принятия решения (1, 2): объект  $A$  был предъявлен, если  $\Psi > \Psi_{\text{cr}}$ , иначе был предъявлен объект  $B$ . Если цель наблюдателя в том, чтобы выбрать наиболее вероятный объект, то  $\Psi_{\text{cr}} = 0$ . Если цель в том, чтобы выбрать наиболее полезный ответ при заданных

значениях наград:  $v_{Aa} > 0, v_{Bb} > 0$  и штрафов:  $v_{Ab} < 0, v_{Ba} < 0$ , то  $\Psi_{cr} = \ln[(v_{Bb} - v_{Ba}) / (v_{Aa} - v_{Ab})]$ . Таким образом, для ПР и оценки его достоверности необходимы только две независимые величины: решающая переменная – свидетельство  $\Psi$ , полученное при наблюдении и определяемое входными сигналами сенсорных систем, и  $\Psi_{cr}$  – критерий принятия решения, определяемый параметрами задачи наблюдателя.

Чтобы получить наибольшую полезность, превышающую средний уровень затрат на деятельность наблюдателя, связанную с его ответами,  $V_0 > 0$  ( $V_0 < v_{Aa}, V_0 < v_{Bb}$ ), он должен использовать два критерия:  $\Psi_{cra} = \ln[(V_0 - v_{Ba}) / (v_{Aa} - V_0)]$  и  $\Psi_{crb} = \ln[(v_{Bb} - V_0) / (V_0 - v_{Ab})]$  вместо единого критерия  $\Psi_{cr}$ .

Правило принятия решения 3: если  $\Psi > \Psi_{cra} > \Psi_{crb}$ , то следует дать  $a$ -ответ (объект  $A$  был предъявлен), при этом  $U_b$  в  $a$ -ответе:  $C_a = \Psi - \Psi_{cra}$ ; если  $\Psi < \Psi_{crb} < \Psi_{cra}$ , то следует дать  $b$ -ответ, при этом  $U_b$  в  $b$ -ответе:  $C_b = \Psi - \Psi_b$ ; если  $\Psi_{crb} < \Psi < \Psi_{cra}$ , наблюдатель должен дать неопределенный (неуверенный) ответ: «Не знаю». Ситуация  $\Psi_{crb} < \Psi < \Psi_{cra}$  возникает как при высоких штрафах, так и при высоком среднем уровне затрат. В этом случае вся ось решающей переменной  $\Psi$  разделяется на два интервала уверенных  $a$ - и  $b$ -ответов с зоной сомнений между ними, т. е. при высоких рисках идеальный наблюдатель становится осторожным.

Из модели следует: 1) монотонная связь (известная ранее лишь эмпирически) между  $U_b$  в правильности ответа и реальной правильностью; 2) использование, кроме дихотомических ответов (да–нет;  $> <$ ;  $=$ ,  $\neq$ ), неопределенного ответа («Сомневаюсь», «Не знаю») снижает число уверенных ответов, но зато повышает долю верных среди них, становящуюся выше, чем во всем массиве ответов;

Из экспериментов следует: поведение рефлективных и осторожных лиц ближе к поведению идеального наблюдателя, так как они чаще используют ответы «Сомневаюсь» и потому повышают правильность в большей степени, чем импульсивные и рискующие. Это подтверждено в задачах  $>$ ,  $<$  и  $=$ ,  $\neq$  для пространственных и временных зрительных стимулов, симультанных и сукцессионных (Шендяпин, Скотникова, 2015).

## Заключение

Свидетельство  $\Psi_A(x)$  позволяет нейросети наблюдателя прогнозировать вероятности правильности и средние полезности решений, так

как логарифмическую функцию и гиперболический тангенс, скорее всего, можно аппроксимировать частотой спайков нейрона.

$\Psi_A(x)$  – неосознаваемая информационная переменная, промежуточная между входными сигналами от рецепторов органов чувств и ПР. Реально же субъект переживает степень Ув в принятом решении, пропорциональную расстоянию между свидетельством  $\Psi_A(x)$  и его критической величиной  $\Psi_{cr}$  (критерием ПР).

Описаны ПР и Ув в трех усложняющихся задачах: выбор наиболее правильного ответа либо наиболее полезного, либо гарантирующего успех с учетом затрат. Т. е. модель подтвердила, что задача выступает системообразующим фактором ПР и Ув.

Обоснована структура ПР в восприятии: а) получение сенсорного впечатления о признаках наблюдаемого объекта (вектор  $x$ ); б) преобразование его в сенсорное свидетельство  $\Psi_A(x)$  в пользу определенной альтернативы ответа; в) переживание Ув в этой альтернативе в виде превышения  $\Psi_A(x)$  над критерием  $\Psi_{cr}$ ; г) выбор ответа.

Известные модели ПР и Ув (и наша исходная модель) описывали различие простых однопризнаковых стимулов. Далее мы расширили модель на восприятие сложных многопризнаковых перцептивных объектов, например, лиц. Введена решающая переменная ПР (информационное свидетельство  $\Psi_A(x)$ ), интегрирующая отдельные сенсорные признаки наблюдаемого объекта. Модель показала, что ПР осуществляется на более высоком, чем уровень сенсорных впечатлений, уровне целостного восприятия.

## **Литература**

- Зинченко В. П.* Психология доверия. Самара: Изд-во СИОКПП, 2001.
- Крылов В. Ю.* Нормативные модели принятия решения при вероятностном выборе // Нормативные и дескриптивные модели принятия решений / Под ред. Б. Ф. Ломова, В. Ю. Крылова и др. М.: Наука, 1981. С. 39–46.
- Нариньяни А. С.* НЕ-факторы и инженерия знаний: От наивной формализации к естественной прагматике // Сборник трудов IV Национальной конференции по ИИ (КИИ-94, Рыбинск, сентябрь 1994 г.). Тверь: АИИ, 1994. Т. 1. С. 9–18.
- Нариньяни А. С.* НЕ-факторы: Краткое введение // Новости искусственного интеллекта. 2004. № 2. С. 52–63.
- Скотникова И. Г.* Проблемы субъектной психофизики. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2008.

- Тарасов В. Б.* От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: Философия, психология, информатика. М.: Эдиториал УРСС, 2002.
- Терстон Л. Л.* Психофизический анализ // Проблемы и методы психофизики / Под ред. А. Г. Асмолова, М. Б. Михалевской. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1974. С. 33–55.
- Шендяпин В. М., Барабанищikov В. А.* Использование теории обнаружения сигнала для разработки модели принятия решения и уверенности в нем человека // Психология. Журнал Высшей школы экономики. 2008. Т. 5. № 3. С. 145–156.
- Шендяпин, В. М., Скотникова И. Г.* Моделирование принятия решения и уверенности в сенсорных задачах // М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2015.
- Шендяпин В. М., Скотникова И. Г.* Расширение модели принятия решения и уверенности в сенсорных задачах на восприятие многопризнаковых перцептивных объектов // Лицо человека: познание, общение, деятельность / Под ред. К. И. Ананьевой и др. М.: Когито-Центр—МИП, 2019. С. 151–164.
- Шнем Г. Г.* Философские этюды. М.: Издат. группа «Прогресс», 1994.
- Bogacz R.* Optimal decision-making theories: linking neurobiology with behavior // Trends in Cognitive Sciences. 2007. № 11. P. 118–125.
- Simon H. A.* Administrative Behavior. N. Y.: Free Press, 1976.

**Bayesian mechanism and multisensory integration:  
task-oriented model of decision making and confidence in perception**

*V. M. Shengyapin (Institute of Psychology RAS, Moscow)*

The article presents the author's conceptual and mathematical model of decision making in sensory-perceptual tasks of threshold's kind as typical situations of uncertainty. It is shown that the main instrument of subjective prediction and control of decisions (often erroneous) efficiency is person's confidence in them. The article reflects the author's pre-model view of decision making in perception, his initial ideas about the Bayesian approach to modeling of similar objects discrimination and assessing confidence, and the development of these ideas based on the firstly made mathematical description of the concept of informational evidence (as well as of the concept of confidence) in favor of the decision alternative chosen.

*Keywords:* conceptual and mathematical model, decision making, Bayesian mechanism, confidence, informational evidence, sensory-perceptual tasks, decision making criterion.

# ПРОБЛЕМА МЕНТАЛЬНОЙ ФРАГМЕНТАЦИИ В КОГНИТИВНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ<sup>1</sup>

*Н. Б. Горюнова (Институт психологии РАН, Москва)*

gorjunovanb@ipran.ru

Неоднородность и быстрая изменчивость контекста в современном информационном обществе обостряет проблему ментальной фрагментации. Ментальная фрагментация описывается как способ мысленного воссоздания образов (ментальных моделей), воспроизводящий отдельные его части, а не весь объект целиком. Вырванные из целостного контекста фрагменты ментальных моделей приводят к искаженной ментальной репрезентации и заполняют когнитивное пространство нерелевантным информационным содержанием, не имеющим смысловой или практической ценности. Накопление большого количества подобных ментальных конструкций в памяти может приводить к снижению ресурсных характеристик когнитивной системы.

*Ключевые слова:* когнитивная система, ментальная фрагментация, репрезентация, контекст.

Когнитивные теории, рассматривающие ситуационные факторы и зависимость от контекста, важны для понимания когнитивной деятельности. Например, в теории избирательного внимания внешняя среда является сигналом, который фокусирует ограниченные ресурсы на определенных аспектах, запуская доминантные реакции. Теория аффордансов объясняет, как физические элементы среды влияют на восприятие, формируя соответствующее поведение. В концепции воплощенного познания когнитивные способности встроены в биофизический, культурный и социальный контекст (Constantino et al., 2021). В контекстно-смысловом подходе (Редозубов, 2021) информация обрабатывается и преобразовывается, исходя из ожидаемого контекста, и представляется в форме семантических описаний (ментальных моделей), хранящихся в памяти. В теории ментальной репрезентации метрическая структура задается ключевыми свойствами стимулов, в ко-

---

<sup>1</sup> Исследование выполнено по Госзаданию № 0138-2023-0004.

торых фиксируется различие между дискретными и интегральными характеристиками. Компоненты дискретных стимулов могут рассматриваться отдельно (форма, размер), компоненты интегральных стимулов не могут восприниматься независимо друг от друга (компоненты цвета — оттенки, насыщенность и яркость) (Gronau, Lee, 2020).

Неоднородность и быстрая изменчивость контекста в современном информационном обществе обостряет проблему аспектности или раздробленности когнитивной сферы, которая может приводить к своего рода когнитивным искажениям. Отсюда возникает необходимость введения в научный психологический дискурс конструкта «ментальная фрагментация» и обоснования важности изучения проблематики процесса дробления физической и психической реальности.

В самом общем виде фрагментация рассматривается как процесс дробления чего-либо на множество разрозненных фрагментов. Конструкт, используемый для описания ментальной фрагментации (МФ), заимствован из концепции неэффективного хранения данных на компьютере, когда файл при записи разбивается на блоки различной длины и сохраняется в разных областях жесткого диска. В психологии конструкт МФ относится к одному из свойств репрезентации и описывается как способ мысленного воссоздания образов (ментальных моделей), воспроизводящий отдельные его части, а не весь объект целиком. Вырванные из целостного контекста фрагменты ментальных моделей приводят к неполному или искаженному представлению об объекте. МФ как свойство когнитивной системы заполняет когнитивное пространство нерелевантным информационным содержанием (шумом), не имеющим смысловой или практической ценности. Накопление большого количества подобных ментальных конструкций в памяти не позволяет воссоздать полноту картины о мироустройстве в целом, что может проявляться в неразумном поведении.

Язык дает человеку преимущество перед другими видами в уровнях абстрагирования, но в то же время создает ограничения и ловушки, ведущие к проблемам, которые связываются с абстрактными причинами, лежащими в сфере информационного, а не материального мира. Сталкиваясь с парадоксами и логическими противоречиями, человек создает еще более абстрактные концепции, что приводит к еще большей путанице. Проблема МФ в когнитивных и нейрокогнитивных исследованиях связывается с «раздробленным» состоянием когнитивной системы, сформированной в условиях многозадачности, фрагменты воспоминаний которой распределены в нейрокогнитивной сети. Ме-

тафора нейрокогнитивной сети применяется и к языковым явлениям в форме семантических описаний, однако нельзя забывать, что при рассмотрении языковых единиц как дискретных упрощается и искажается их природа. Хотя в современной математике уже существуют инструменты для моделирования некоторых недискретных языковых феноменов, описание языка и других когнитивных явлений создает более высокий уровень сложности.

И в научных исследованиях, и в более широком контексте МФ связана с привычкой воспринимать содержание наших мыслей как прямое соответствие реальности, однако эта связь гораздо сложнее. Так, в научных исследованиях большая часть идей выражается в терминах теорий. Слово «теория» происходит от греческого слова «θεωρία» (смотреть, созерцать), которое имеет тот же корень, что и «θέα», означающее «вид, зрелище». Таким образом, теория — это в первую очередь форма понимания или взгляд на мир, а не форма познания того, каков этот мир (Bohm, 1980). Теории могут подтверждаться в определенных областях и оказываться нерелевантными за их пределами. Нет оснований полагать, что будет предложена какая-то окончательная форма понимания, приближающаяся к абсолютной истине, скорее речь идет о бесконечном развитии новых форм понимания, которые могут включать некоторые ключевые черты старых форм в качестве упрощений. Если мы не осознаем, что теории — это постоянно меняющиеся формы понимания, формирующие опыт в целом, наше мировоззрение будет ограничено (там же). Подобные убеждения мешают исследователям в своих ментальных конструкциях выходить за рамки существующих ограничений и менять их в соответствии с новыми фактами, приводят к путанице теоретических моделей с реальностью, независимой от наших предположений. Ограничения мыслительного процесса особенно важно учитывать в отношении аспектного описания действительности, так как любой теоретический конструкт вводит собственные границы и отличительные признаки, которые не обозначают отдельно существующие сущности, иначе создается «иллюзия» фрагментарности мира.

Бом в своей работе наглядно демонстрирует на примере атомистического учения Демокрита, как изначально заложенный принцип целостности трансформировался в парадигму фрагментарного отношения к реальности (Bohm, 1980). Принцип целостности атомистической концепции, согласно которой мир состоит из атомов, движущихся в пустоте, реализовывался, исходя из понимания огромного разнообразия мира за счет движений одного набора атомов через еди-

ную пустоту, которая пронизывает все сущее. Но в конечном итоге эти идеи легли в основу фрагментарного подхода к реальности, сформировав представление о том, что вся реальность состоит из «атомов», более или менее механически взаимодействующих.

Далее стали развиваться идеи, что не только внешний мир природы, но и внутренний мир человека, включая его мозг, нервную систему, разум и т. д., может быть понят с точки зрения структур и функций совокупностей отдельно существующих элементов. Отдельные эмпирические подтверждения атомистической теории стали восприниматься как доказательство универсальной истинности данного учения, поддерживая в научном дискурсе фрагментарный подход к реальности (*ibid.*).

С появлением теории относительности мир стал рассматриваться как универсальный поток событий и процессов одной целостной реальности, которая неделима и неанализируема. Вслед за теорией относительности квантовая теория также предлагала смотреть на мир как на неделимое целое, или совокупность, в которой атомистическая форма понимания является лишь упрощением или абстракцией, релевантной только в некотором ограниченном контексте. В квантовой парадигме универсальный поток не может быть определен явно, но от него могут быть абстрагированы стабильные или нестабильные определяемые формы и образы. Т. е. некоторые аспекты атомизма могут обеспечивать правильную и валидную форму понимания. Таким образом, абстрагированные от неделимой целостности модели могут иметь определенную относительную автономию и стабильность. Иными словами, в определенных контекстах возможны различные формы понимания, позволяющие упростить определенные вещи и обращаться к ним для определенных ограниченных целей, как если бы они были автономными и стабильными (там же).

В современных когнитивных моделях широкий спектр факторов (когнитивных конструкторов), которые на первый взгляд не сочетаются друг с другом, могут оказаться связанными как аспекты одной совокупности или как аспекты формирующей когнитивной деятельности, проявляющейся в конкретной структуре концептов. Исходя из вышеизложенного, каждую относительно автономную и стабильную когнитивную структуру следует понимать не как нечто независимое и постоянно существующее, а как продукт, который сформировался в «движении потока» и который в конечном итоге растворится обратно в этом движении.

В настоящее время в науках о жизни и разуме атомистический подход к реальности продолжает занимать ведущее место. Например, в молекулярной биологии принято считать, что вся жизнь и разум могут быть поняты в более или менее механических терминах путем расширения представлений о структуре и функциях молекул ДНК. Аналогичная тенденция наблюдается и в психологии. Такой научный дискурс, как правило, усиливает общий фрагментарный подход, предлагая и эмпирически подтверждая картину мира, состоящего из совокупности отдельно существующих «строительных блоков».

Один из самых сложных моментов в вопросе МФ заключается в понимании связи между содержанием мысли и процессом мышления. В действительности это не две отдельно существующие сущности, а скорее, два аспекта воззрений на одно целостное движение. Понимание единства процесса и содержания, которое является продуктом этого процесса, позволяет наблюдать за движениями мысли и находить действие, релевантное целостной реальности без фрагментации. Осознание ограничений когнитивной деятельности, связанных с МФ, открывает новые перспективы в когнитивных и нейрокогнитивных исследованиях.

## **Литература**

- Редозубов А. Д.* Формализация смысла. Часть 2. Пространство контекстов // *Онтология проектирования*. 2021. Т. 11. № 3 (41). С. 309–319.
- Bohm D.* Wholeness and the Implicate Order. 1<sup>st</sup> ed. Routledge, 1980. [https://doi: 10.4324/9780203995150](https://doi.org/10.4324/9780203995150)
- Constantino S. M., Schlüter M., Weber E. U.* et al. Cognition and behavior in context: a framework and theories to explain natural resource use decisions in social-ecological systems // *Sustain Sci*. 2021. V. 16. P. 1651–1671.
- Gronau Q. F., Lee M. D.* Bayesian Inference for Multidimensional Scaling Representations with Psychologically Interpretable Metrics // *Computational Brain & Behavior*. 2020. V. 3. P. 322–340.

## **The problem of mental fragmentation in cognitive research**

*N. B. Goryunova (Institute of Psychology RAS, Moscow)*

The heterogeneity and rapid variability of the context in the modern information society exacerbates the problem of mental fragmentation. Mental fragmentation is described as a way of mentally recreating images (mental models), reproducing

*Н. Б. Горюнова*

individual parts of it, rather than the entire object. Fragments of mental models taken out of their holistic context lead to a distorted mental representation and fill the cognitive space with irrelevant information content that has no semantic or practical value. The accumulation of a large number of such mental constructs in memory can lead to a decrease in the resource characteristics of the cognitive system.

*Key words:* cognitive system, mental fragmentation, representation, context.

## МОДЕЛЬ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ИНТУИТИВНО-ОПЫТНЫХ РЕШЕНИЙ

*А. А. Кулинич (Институт проблем управления, Москва)*

alexkul@rambler.ru

Рассмотрена модель поддержки принятия решений, направленная на стимулирование интеллектуальной деятельности субъекта для принятия интуитивно-опытных решений. Модель основана на семиотической модели ментального пространства, в которой решается обратная задача для поиска формальных решений для достижения некоторой цели. Для интерпретации этих решений применяются векторные модели языка, полученные путем обучения нейронных сетей корпусом текста. Рассмотрены примеры интерпретации решений обратной задачи с помощью векторных моделей языка.

*Ключевые слова:* семиотическая модель, ментальное пространство, векторная модель языка, обратная задача, интерпретация решений.

В теории принятия решений определены интуитивный и основанный на суждениях способы принятия решений. Интуитивный способ основан на личных ощущениях, что решение верно. Здесь решения получаются без особых усилий и могут быть как верными, так и ошибочными. Решения, основанные на суждениях, обдумываются с учетом личного опыта лица принимающего решение, полученного при решении аналогичных задач. Эти два способа часто объединяют и называют интуитивно-опытным методом принятия решений. Такие решения основаны на шаблонах, эвристиках личного опыта или опыта других людей. Считается, что интуитивно-опытные решения получаются в сознании человека в так называемом ментальном пространстве.

Ментальное пространство — это психическое образование, в котором осуществляется процесс мышления. Это среда концептуализации наблюдаемой ситуации, представленной с помощью элементов языка (слов) и отношений между ними. Ментальное пространство разворачивается в сознании субъекта под влиянием внешнего воздействия, под которым понимаются слова, утверждения, которые называются строителями ментального пространства. Механизм мышления

представляется как процесс концептуальной интеграции двух и более ментальных пространств, активированных разными построителями (Fauconnier, Turner, 2002). В результате их смешивания (blending) образуется новое ментальное пространство, в котором происходит поиск решения.

Американский лингвист Н. Хомский пытался формализовать модель языка в виде абстрактной теории лингвистической структуры (Хомский, 1972). Он считал, что способность к языку является врожденной и что существует универсальная грамматика в виде набора синтаксических правил, встроенных в мозг. При этом существуют глубинные синтаксические структуры, которые отражают с помощью языковых конструкций закономерности реальности и поверхностные структуры и могут быть получены из глубинной структуры с применением трансформационных правил (добавление, стирание, перестановка и замена символов или слов). Механизм мышления в этом случае заключается в том, что в глубинные синтаксические структуры добавляются слова из лексического словаря, а затем семантическая компонента проверяет полученный текст на сочетаемость слов.

Рассмотренные системные модели языка сложны для формализации. Сложность связана с тем, что смысл решения (идеи) можно передать, используя множество самых разнообразных словоформ. По мнению психологов, при манипулировании элементами структуры языка могут образовываться семантические структуры, способные привести к решению задачи, «озарению» или инсайту (Glaser, 1984).

Для поддержки процесса поиска решений строится семиотическая модель, описывающая ситуацию как знаковую систему (Кулинич, 2022). В модели определено имя моделируемой ситуации  $d$  и множество имен параметров  $\{f_i\}$ ,  $i=1, \dots, N$  этой ситуации. Для параметров  $f_i$  задано упорядоченное множество лингвистических значений,  $Z=\{Z_i\}$ , т. е.  $Z_i = \{z_{i1}, \dots, z_{iq}, z_{iq+1} \succ z_{iq}, q=0 \dots n-1$ . Вектор параметров ситуации в момент времени  $t$ ,  $Z(t)=(z_{1e}, \dots, z_{ne})$ , называется ее состоянием. Для начального состояния  $Z(0)$  ( $t=0$ ) определено имя базового понятия  $d^0=d$ ,  $Z(0) \Leftrightarrow d^0$ . Определены причинно-следственные отношения на множествах значений  $\times Z_i$  всех параметров. Определена динамика изменения состояния ситуации как отображение:  $W: Z(t) \rightarrow Z(t+1)$ , где  $Z(t) \Leftrightarrow \times Z_i$ .

Семиотическая модель включает семантическую модель (Кулинич, 2022), в которой пространство состояний динамической системы  $SS = \times Z_i$  интерпретируется как семантическое пространство и структурируется на вложенные области возможных состояний  $SS(d^H) \subset SS$ , име-

ющие имена  $d^H$ ,  $SS(d^H) \Leftrightarrow d^H$ , и определяющие класс состояний системы. При структуризации семантического пространства эксперт определяет область  $SS(d^0)$  базового понятия  $d^0$ ,  $SS(d^0) \subseteq SS$ , и строит обобщения этой области в виде рекурсивно вложенных областей пространства состояний  $SS$ , т.е.  $SS(d^H) \subseteq SS$ ,  $SS(d^0) \subseteq SS(d^H)$ ,  $H=1, \dots, 3^N$ , где  $N$  – число признаков понятия  $d^0$ . Все области помечены именами  $d^H$  и по вложению областей состояний  $SS(d^H)$  образуют частично упорядоченное множество имен  $\{d^H\}$  классов состояний  $CF = (\{d^H\}, \leq)$ , которое называется концептуальным каркасом предметной области. В концептуальном каркасе определено имя базового понятия  $d^0$ , а остальные имена  $d^H$  – это математические символы обозначающие имя класса состояний.

Для поддержки процесса поиска решений в семиотической модели решается обратная задача. Ее решения позволяют изменить вектор начального состояния  $Z(0) \Leftrightarrow d^0$  на целевой вектор параметров  $U_{goal}$ . Формально решение этой задачи запишется так:  $U = W^{T \circ} U_{goal}$ , где  $\circ$  – процедура обратного вывода.

Решение обратной задачи – это множество решений  $U = \{U_i\}$ , где  $U_i = (u_{1e}^i, \dots, u_{nq}^i)$  – вектор состояния,  $u_{ij} \in Z_i$ . Эти решения в виде точек с координатами элементов векторов  $U_i$  представляются в концептуальном пространстве  $SS$  и попадают в разные области  $SS(d^H)$ , характеризующие классы состояний с разными именами  $d^H$ . Формальные решения обратной задачи  $U$  представляются в виде частично упорядоченного множества имен  $\{d^{H*}\}$  классов решений  $CF^* = (\{d^{H*}\}, \leq)$ ,  $CF^* \subseteq CF$ .

Решения представляются составным именем на ограниченном естественном языке по следующему правилу:  $d_i^H = d^0 \&_{i(a_i \neq 0)} z_i^*$ , где  $z_i^*$  включает имя базового понятия  $d^0$ , параметра  $f_i$  и оценку его значения (большой, малый).

Получаемые решения в виде составных имен классов решений отражают язык автора этой модели, но для стимулирования интеллектуальной деятельности необходимо многообразие языковых форм выражения решения, которые могут служить стимуляторами мыслительной деятельности, направленной на поиск интуитивно-опытного решения. Для представления решения в альтернативных языковых формах решения интерпретируются с помощью векторных моделей языка, получаемых в результате обучения нейронных сетей текстовым корпусом.

Векторные модели языка условно делят на статические и динамические. Статические модели основаны на изучении окружения отдельных единиц текста без использования сведений о лексическом

или грамматическом значении этих единиц. Каждому слову в корпусе текста присваивается контекстный вектор, который характеризует совместную встречаемость слов в корпусе текста. Множество контекстных векторов формирует векторное пространство, в котором определено семантическое расстояние между словами и операции с контекстными векторами слов. Для получения контекстных векторов, текст нормализуется и используется для обучения нейронной сети. При таком подходе разрушается синтаксическая структура текста, но предполагается, что такое векторное пространство сохраняет семантику предметной области. Это предположение основано на дистрибутивной гипотезе, согласно которой лингвистические единицы, встречающиеся в схожих контекстах, имеют близкие значения. Однако определить контекст, в котором слова встречаются совместно в этом случае нельзя.

Статические векторные модели языка представляют собой вероятностную форму системной модели языка, поскольку позволяют извлечь из векторной модели различные элементы системных моделей языка, разработанных лингвистами.

В отличие от статических моделей, в которых обучение нейронной сети строится на основе вычисления вектора совместной встречаемости слов в предложении в окрестности 3–10 слов, в динамических моделях для обучения используется целое предложение. Динамические модели используют нейросетевые архитектуры на основе трансформеров. Это многослойные сети глубокого обучения, в каждый слой которого встроены механизм внимания, который вычисляет важность каждого слова в предложении. Считается, что обученная нейросеть выделяет синтаксическую структуру предложений. Словарь нейросети состоит из частей слов, слов, которые подставляются в синтаксическую структуру, выделенную нейросетью, получая новое предложение. Такая нейросеть работает по принципу порождающей грамматики языка Н. Хомского.

Для интерпретации имен классов решений использовались: статическая модель word<sup>2</sup>vec и динамические модели *guBERT* и *guGPT*.

Для векторной модели word<sup>2</sup>vec корпус текста формировался путем скачивания из Интернета текстовой информации с сайтов, включающих имя базового понятия  $d^0$ . Корпус текста нормализуется и далее этим текстом обучается нейронная сеть word<sup>2</sup>vec. В результате обучения получаем словарь предметной области,  $V_c = \{v_i\}$ ,  $i=1, \dots, q$ , и множество контекстных векторов  $R_w^* = (v_1/r_{p1}, \dots, v_q/r_{pq})$ ,  $p=1, \dots, q$ , которые характе-

ризируют частоту ( $r_{pv}$ ) совместного употребления слов ( $v_1, \dots, v_q$ ) с другими словами предметной области. В технологии word<sup>2</sup>vec определены операции с векторами слов, позволяющие определить частоту совместного употребления сочетания отдельных слов с другими словами предметной области. Для интерпретации в обученную модель подставлялось составное имя класса решений  $d^H$ , т. е.  $w2v: (d^H) \rightarrow R_w^*$ . В результате имя класса решений  $d^H$ , включающее имена параметров модели связывается ассоциативно-вербальной сетью со словами из словаря предметной области, включенными в контекстный вектор  $R_w^*$ . Ассоциативно-вербальная сеть сохраняет семантические отношения предметной области и используется в процессах поиска интуитивно-опытных решений.

Статические векторные модели не позволяют получить контекст совместного употребления слов, однако контекст позволяет понять смысл имени класса решения. Контекст совместного употребления слов извлекается из корпуса текста с применением лексико-синтаксических шаблонов, которые позволяют сформировать словарь гиперонимов – гипонимов предметной области (Кулинич, 2022). В словарь включены предложения, в которых были выделены родовидовые отношения. Структура словаря определена в виде кортежа:  $\langle \text{HYPER}, \text{HYPO}, \text{Context} \rangle$ , где HYPER, HYPO – это гипоним и гипероним, Context – это предложение, в котором эти родовидовые отношения были обнаружены.

Альтернативы имен классов решений находим в пересечении гиперонимов из словаря и слов в векторе решения  $R_w^*$ :  $\langle (V \cap \text{HYPER}); \text{Context} \rangle$ , где  $V = \{v_i\} \in R_w^*$ . Пересечение  $(V \cap \text{HYPER})$  дает множество имен классов решений, а Context поможет выбрать нужное имя класса.

Для примера рассмотрим базовое понятие  $d^0 = \text{«Бизнесмены»}$  в семиотической модели, формализованной, описанным выше способом. В результате решения обратной задачи было получено составное имя решения: «Недовольные бизнесмены». Подстановка этого имени в обученную векторную модель позволило выделить имена двух новых классов решений – это «Вредные бизнесмены» и «Недоверчивые бизнесмены». Для класса «Недоверчивые бизнесмены» был получен следующий контекст: «Ну да, а наши нынешние бизнесмены не доверяют никому и ничему – ни своим партнерам, ни чьим-либо обещаниям».

Полученные новые имена классов решений и их контекст далее исследовались с помощью динамических моделей языка. Для экспериментов используются предобученные векторные модели (ruBERT, ruGPT) и библиотеки Transformers (Models, 2023). Рассмотрим приме-

ры решения векторными моделями языка вопросно-ответной задачи и задачи генерация текста.

Пример вопросно-ответной системы на основе векторной модели `rugpt_medium_turbo_instructed` следующий:

*Вопрос:* Почему бизнесмены вредные?

*Ответ:* Бизнесмены, которые наносят вред своим клиентам и окружающей среде, могут быть опасными для общества. Они могут использовать незаконную рекламу или мошеннические схемы в своей работе, а также нарушать экологические нормы и правила.

Эта векторная модель дает развернутый ответ, опираясь на «знания», которые не содержатся в вопросе. Полученный контекст для класса решений «Вредные бизнесмены» позволяет понять его смысл, не применяя лексико-синтаксические шаблоны.

Пример векторной модели для генерации текста `rugpt3large_based_on_gpt2`. С помощью этой модели получим пояснение для полученных ранее имен новых классов решений: «Вредные бизнесмены» и «Недоверчивые бизнесмены». Векторная модель продолжает тему этих классов решений после слова «это»:

1. Вредные бизнесмены — это те, кто не может или не хочет работать.
2. Недоверчивые бизнесмены — это те, кто не верит в успех.

Рассмотрим контекст класса решений «Недоверчивые бизнесмены», но в конце предложение добавим фразу «потому, что». Часть предложения до этой фразы считается темой, а векторная модель языка должна сгенерировать продолжения этой темы.

*Тема и ее развитие:* Ну да, а наши нынешние бизнесмены не доверяют никому и ничему — ни своим партнерам, ни чьим-либо обещаниям «потому, что» не знают, что с ними будет завтра.

Развитие темы, сгенерированное векторной моделью языка следует после «потому, что». Трудно комментировать «творчество» векторной модели языка, однако для активизации мыслительной деятельности в поисках решений сгенерированный текст может служить построителем нового ментального пространства, содержащего решение.

## Литература

Кулинич А. А. Семиотическая модель ментального пространства // Труды 20-й конф. по искусственному интеллекту (КИИ-2022). М.: Изд-во МЭИ. 2022. Т. 2. С. 362–380.

*Хомский Н.* Язык и мышление. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1972.

*Fauconnier G., Turner M.* The Way We Think: Conceptual Blending and the Mind's Hidden Complexities. N. Y.: Basic Books, 2002.

*Glaser R.* Education and Thinking: The role of knowledge // Amer. Psychologist. 1984. V. 39 (2). P. 93–104.

Models. URL: <https://huggingface.co/models> (дата обращения: 27.06.2023).

### **A model to support intuitive decision making**

*A. A. Kulinich (Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Moscow)*

A decision support model aimed at stimulating the subject intellectual activity to make intuitive-experimental decisions is considered. The model is based on a semiotic model of mental space, in which an inverse problem is solved to find formal solutions to achieve some goal. To interpret these decisions, vector models of language are used, obtained by training neural networks with a text corpus. Examples of interpreting solutions to the inverse problem using vector language models are considered.

*Key words:* semiotic model, mental space, vector model of language, inverse problem, interpretation of solutions.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИСПОЗИЦИОНАЛЬНОЙ ОСОЗНАННОСТИ С ПОМОЩЬЮ КОНФИРМАТОРНОГО ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА

*В. В. Матюшин (Центр психического здоровья, Москва)*

stoyik@gmail.com

*И. В. Блинникова (Московский государственный университет  
им. М. В. Ломоносова, Москва)*

ir. vl. blinnikova@gmail.com

Представлены модели осознанности, особого качества личности, позволяющего отслеживать, глубоко понимать, принимать и контролировать текущее состояние сознания. Модели построены на данных, полученных с помощью опроса 246 человек, заполнявших первичную русскоязычную версию Шкал когнитивной и аффективной осознанности (CAMSR-10). Используемый опросник состоит из 10 пунктов, которые, с одной стороны, направлены на оценку разных компонентов осознанности, а с другой — позволяют оценить общий уровень ее развития. В результате применения конфирматорного факторного анализа было построено две модели: первая имеет двухуровневую структуру, где целостный конструкт осознанности разделяется на четыре компонента (внимание, фокус на настоящем моменте, осведомленность и принятие), вторая предполагает одноуровневую модель, состоящую из трех факторов (внимание, осведомленность и принятие). Первая модель в целом соответствует той, которая была построена авторами используемой версии опросника, вторая — обладает лучшими психометрическими характеристиками и согласуется с результатами, полученными при адаптации опросника на неанглоязычных выборках.

*Ключевые слова:* осознанность, шкалы когнитивной и аффективной осознанности, CAMSR-10, конфирматорный факторный анализ.

## **Введение**

С 2000-х годов в прикладной психологии и психотерапии большую популярность приобрел конструкт осознанности (mindfulness). Хотя различные авторы по-разному концептуализируют данное понятие, в целом речь идет о едином круге феноменов, связанных с комплексом когнитивных и аффективных установок и навыков, усиливающих контроль внимания и осведомленность о содержании и динамике текущих психических процессов (Юмартова, Гришина, 2016). Согласно наиболее популярному определению, осознанность – это безоценочная осведомленность, возникающая в результате намеренного направления внимания на настоящий момент (Kabat-Zinn, 2003). В существующих работах термин «осознанность» может применяться для описания 1) психического состояния; 2) диспозиционной черты личности; 3) навыка.

Эмпирические исследования в данной области требуют развития надежных и точных психометрических инструментов для оценки выраженности этой черты или этого состояния. В научной литературе ведется активная полемика по вопросу психометрического измерения осознанности. Одни исследователи ставят под сомнение саму возможность оценивать осознанность с помощью самоотчетов, другие считают, что необходимо иметь множество разнообразных инструментов для измерения разных видов осознанности. Фактически в настоящее время существует несколько десятков опросников, измеряющих осознанность (чаще всего как диспозиционную черту личности) и отдельные ее проявления у разных возрастных групп в клиническом и исследовательском контексте.

Измерения осознанности базируется на разных моделях и представлениях об этом качестве. Если изначально речь шла преимущественно о направленности и концентрации внимания на текущем моменте психической жизни, то в дальнейшем конструкт стал усложняться и наполняться новыми смыслами. Группа швейцарских исследователей (Bergomi et al., 2013) проанализировала имеющиеся на сегодняшний день психометрические модели осознанности и на основе семантического анализа пришла к перечню из девяти аспектов, которые когда-либо упоминали исследователи: 1) наблюдение, внимательность к опыту; 2) действия с осознанностью; 3) безоценочность, принятие опыта; 4) самопринятие (self-acceptance); 5) желание и готовность идти навстречу опыту (раскрытие опыта), избегание; 6) нереактивность в отношении субъективного опыта; 7) неидентификация (неслияние)

с опытом; 8) инсайт (изменение в восприятии психических феноменов); 9) способность вербально описывать опыт.

В нашей стране на сегодняшний день адаптированы два инструмента оценки осознанности: это Шкала оценки осознанности и внимания (Mindful Attention Awareness Scale, MAAS), разработанная в 2003 г. Брауном и Райаном, и Пятифакторный опросник осознанности (Five Facet Mindfulness Questionnaire, FFMQ), предложенный группой исследователей из Университета Кентукки под руководством Рут Баэр в 2006 г. (см.: Юмартова, Гришина, 2016). Первый опросник базируется на однофакторной модели осознанности, не учитывая эмоционально-личностный компонент. Второй опирается на представления о пяти составляющих осознанности, но требует достаточно напряженных и длительных усилий при заполнении.

В последнее время в исследованиях все чаще применяют очень короткую, но сложноорганизованную шкалу когнитивной и аффективной осознанности (The Cognitive and Affective Mindfulness Scale, CAMS). В 2004, 2007 и 2008 гг. были опубликованы различные версии Шкалы, которые содержат 18, 12 и 10 пунктов. В последней версии шкала содержит 10 вопросов и оценивает осознанность одним показателем. Вместе с тем в оригинальной модели CAMS-R предполагается наличие одного фактора первого уровня (Осознанность) и четырех латентных факторов второго уровня: 1) внимание, 2) осведомленность о происходящем (awareness), 3) фокус на настоящем моменте, 4) принятие и безоценочное отношение к мыслям и чувствам в повседневной жизни (Feldman et al., 2007). Стоит подчеркнуть, что одна из целей разработки последней версии шкалы заключалась в создании инструмента, который может быть использован с испытуемыми, не имевшими опыта практики осознанности.

### **Программа исследования**

В рамках работы по адаптации шкалы когнитивной и аффективной осознанности для русскоязычной выборки мы собрали предварительный массив данных и постарались построить модель осознанности, которая наилучшим образом описывала бы данный феномен. В опросе участвовали 246 человек, средний возраст которых составлял 34 года. Все участники исследования имели высшее образование, значительная часть выборки относилась к сфере психического здоровья и предположительно имела опыт рефлексии собственных со-

стояния. Респонденты заполняли русскоязычную версию опросника «СAMS-R» и еще ряд опросников (данные которых в дальнейшем будут использованы для определения конкурентной и внешней валидности опросника).

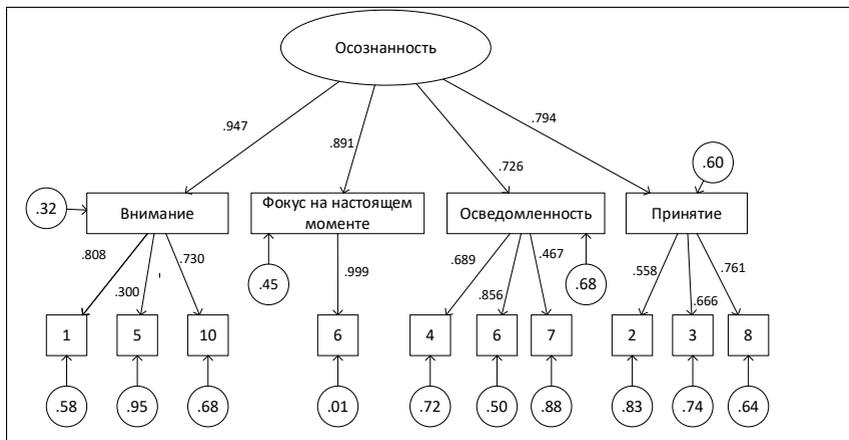
### **Результаты исследования**

На первом этапе была проведена оценка согласованности шкал опросника. СAMS-R обладает высокой надежностью,  $\alpha$  Кронбаха=0,845. Далее нами был предпринят конфирматорный факторный анализ для проверки соответствия собранных данных оригинальной модели СAMS-R с фактором первого уровня, детерминирующим четыре латентных фактора второго уровня. Данная модель обладает приемлемыми психометрическими характеристиками:  $\chi^2=93,77$ ,  $df=27^1$ ; CFI=0,929, RMSEA=0,064, 90%CI [0,076, 0,11], Bentler–Bonett Normed Fit Index=0,905. Получившаяся модель представлена на рисунке 1.

Фактор «Осознанность» детерминирует факторы «Внимание» (станд. коэф. 0,947, в оригинальной модели 0,55), «Фокус на настоящем моменте» (станд. коэф. 0,891, в оригинальной модели 0,89), «Осведомленность» (станд. коэф. 0,726, в оригинальной модели 0,84) и «Принятие» (станд. коэф. 0,794, в оригинальной модели 0,73). В целом полученные данные подтверждают структуру оригинальной шкалы (Feldman et al., 2007). Получен более высокий по сравнению с оригинальной моделью коэффициент детерминации фактора «Внимания». Вероятно, это объясняется особенностями выборки: большая часть участников – это люди с высшим образованием, занимающиеся умственным трудом, привычные к высокому уровню концентрации. У них можно предположить большую выраженность компонента, связанного с управлением вниманием.

Хотя данная модель обладает приемлемыми характеристиками, мы исследовали еще несколько моделей, которые проверялись при адаптации данной шкалы в разных культурах и обнаружили, что наилучшими характеристиками для наших данных обладает модель с тремя факторами первого уровня («Внимание», «Осведомленность» и «Принятие»). Ее характеризуют хорошие психометрические характеристики факторов:  $\chi^2=70,3$ ,  $df=32$ ; CFI=0,959, RMSEA=0,068, 90%CI [0,046, 0,089], SRMR=0,04, Bentler–Bonett Normed Fit Index=0,929. Сходная модель бы-

1 Большинство исследователей рекомендуют не принимать во внимание данный показатель.



**Рис. 1.** Двухуровневая модель осознанности с четырьмя факторами второго уровня и стандартизованными коэффициентами

ла получена в исследовании Ф. Хуан и соавт. (Huang et al., 2022), сравнение оригинальной и данной моделей показывает, что 3-факторная одноуровневая структура лучше соответствует эмпирическим данным. Модель имеет одноуровневую структуру, что подчеркивает дифференцированный характер феномена осознанности. В трехфакторной модели отсутствует фактор «Фокус на настоящем моменте», что выглядит обоснованно, поскольку в САМ-R-10 он нагружен лишь одним пунктом. Это пункт отнесен в нашей модели к фактору «Внимание». На наш взгляд, разделение «Внимание» и «Фокуса на настоящем моменте» носит искусственный характер и не в полной мере соответствует существующим теоретическим моделям.

### Заключение и выводы

Попытка построить модель осознанности, которая помогла бы разобраться с этим пока еще не до конца изученным феноменом, привела к неоднозначным результатам. В итоге мы получили два решения: первое позволяет рассматривать осознанность как двухуровневый конструкт, где единое качество объединяет четыре компонента; второе решение не оставляет места неделимому переживанию осознанности, а разделяет его на три отдельные структурные единицы — «внимание»,

«осведомленность» и «принятие». Обе модели обладают некоторыми преимуществами и недостатками. Первая в целом соответствует оригинальному решению, предложенному авторами англоязычной версии опросника, вторая – обладает лучшими психометрическими характеристиками и согласуется с результатами, полученными при адаптации опросника на неанглоязычных выборках. Окончательный выбор в пользу той или иной модели можно будет сделать при получении большего массива данных и соотнесения выделяемых факторов с показателями других психометрических инструментов.

## **Литература**

- Юмартова Н. М., Гришина Н. В.* Осознанность (mindfulness): Психологические характеристики и адаптация инструментов измерения // Психологический журнал. 2016. Т. 37. № 4. С. 105–115.
- Bergomi C., Tschacher W., Kupper Z.* The Assessment of Mindfulness with Self-Report Measures: Existing Scales and Open Issues // Mindfulness. 2013. V. 4. № 3. P. 191–202. doi: 10.1007/s12671-012-0110-9
- Feldman G., Westine M., Edelman A., Higgs M., Renna M., Greeson J.* Cognitive and Affective Mindfulness Scale-Revised (CAMS-R) // O. N. Medvedev, C. U. Krägeloh, R. J. Siegert, N. N. Singh (Eds). Handbook of Assessment in Mindfulness Research. Springer International Publishing, 2022. P. 1–24. doi: 10.1007/978-3-030-77644-2\_19-1
- Huang F., Chen W.-T., Shiu C.-S., Lin S. H., Tun M. S., Nwe T. W., Nu Oo Y. T., Oo H. N.* Adaptation and Validation of the Cognitive and Affective Mindfulness Scale-Revised (CAMS-R) in People Living with HIV in Myanmar // Mindfulness. 2022. V. 13. № 1. P. 188–197. doi: 10.1007/s12671-021-01784-5
- Kabat-Zinn J.* Mindfulness-based interventions in context: past, present and future // Clinical Psychology: Science and Practice. 2003. V. 10. № 2. P. 144–156. doi: 10.1093/clipsy/bpg016

## **Modeling dispositional mindfulness using confirmatory factor analysis**

*V. V. Matiushin (Centre of psychological health, Moscow),*

*I. V. Blinnikova (Lomonosov Moscow State University, Moscow)*

The paper presents models of mindfulness, a special personality quality that allows monitoring, deeply understanding, accepting and controlling the current

state of consciousness. The models are based on obtained data of 249 people who filled out the Russian version of the Cognitive and Affective Mindfulness Scales (CAMS-R-10). The questionnaire has 10 items. Its aims are to assess various components of mindfulness and to assess the level of its development. As a result of the application of confirmatory factor analysis, two models were built: the first one has a 2-levels structure, where the construct of mindfulness is divided into four latent components (attention, focus on the present moment, awareness and acceptance), the second assumes a single-level model consisting of three factors (attention, awareness and acceptance). The first model generally corresponds to the original model; the second one has better psychometric characteristics and confirms the results of non-English-speaking samples adaptations.

*Keywords:* mindfulness, cognitive and affective mindfulness scales, CAMS-R-10, confirmatory factor analysis.

# ДИНАМИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ПРЕДЕЛЬНЫХ ЦИКЛОВ СОСТОЯНИЙ УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ ЖИЗНЬЮ<sup>1</sup>

*Г. М. Головина (Институт психологии РАН, Москва)*

golovinagm@ipran.ru

*Т. Н. Савченко (Институт психологии РАН, Москва)*

savchenkotn@ipran.ru

Рассмотрен подход, позволяющий использовать вероятностную автоматную модель циклического перехода из одного состояния в другое для нахождения предельного цикла. Теоретическая модель предполагает выделение шести типов циклических переходов из одного субъективного пространства в другое и состояний удовлетворенности жизнью (УЖ) в них. Предложена автоматная модель агента, имитирующего изменение удовлетворенности жизнью динамического типа. Выигрыши (УЖ) каждого из пяти выделенных в исследовании типов определялись на двух временных срезах. Автоматная модель интегрировалась в 2-факторную модель УЖ. Результаты 2-факторного ДА показали, что отсутствие различий УЖ на срезах обусловлено изменениями УЖ определенных типов.

*Ключевые слова:* автоматная модель, динамическая диагностика, типы циклических переходов, предельный цикл, удовлетворенность жизнью.

Теоретическим подходом для моделирования УЖ является подход Д. В. Сочивко, который рассматривает мотивационные противоположно направленные силы в мышлении с позиций развиваемой им современной психодинамики. Он считает, «что любой психический процесс имеет не только свое уровневое выражение „развитости“, но и энергетическую составляющую, запускающую определенное поведение. Требуемая энергия рождается именно из противоположности и одновременно нераздельности определенных психических процессов, со-

---

1 Исследование выполнено по Госзаданию № 0138-2023-0006.

стояний или свойств» (Сочивко, 2020). С точки зрения такого подхода не существует отдельных психических процессов, но только циклы их взаимопереходов. Эти циклы не имеют длительности в физическом времени и представляют облако полярных и промежуточных субъективных состояний. Такой подход позволяет использовать вероятностную автоматную модель циклического перехода из одного состояния в другое для нахождения предельного цикла.

В случае динамической психодиагностики состояния оцениваются с помощью двух бинарных параметров. Каждый вопрос методики представляет описание одной из четырех ситуаций и предложение выбрать один вариант выхода из данной ситуации. Таких вариантов — три. Таким образом, существует шесть возможных сочетаний из четырех представленных состояний. Переходя мысленно из одного состояния в другое, человек, наконец, возвращается в исходное состояние; цикл завершается. Последний переход называется предельным циклом. Психологический анализ неустойчивого равновесия между первым и последним состояниями позволяет дать предварительное название данному динамическому типу личности (Сочивко, 2020). Тип определяет поведение в рассматриваемом контексте.

В данном случае бинарными параметрами являются *тип субъективной реальности* и *удовлетворенность жизнью* в данном типе реальности (Головина, Савченко, 2021).

Теоретическая модель предполагает выделение шести типов циклических переходов из одного субъективного пространства в другое и состояний удовлетворенности жизнью в них, которые условно были названы: *«реалист»*, *«многомерный»*, *«рефлексивный реалист»*, *«рефлексивный виртуал»*, *«виртуал»* и *«пессимист»*. *Тип 1 «реалист»* характеризуется тем, что он всегда в реальном мире, но состояние удовлетворенности жизнью неустойчиво; *тип 2 «многомерный»* — субъективная реальность неустойчива, переходя из одной субъективной реальности в другую, он всегда удовлетворен жизнью; *тип 3 «рефлексивный реалист»* удовлетворен жизнью, если он в социуме, и не удовлетворен, если находится в нереальном мире; *тип 4 «рефлексивный виртуал»* не бывает удовлетворенным жизнью в реальном мире, он меняет реальность на удовлетворенность своей жизнью в другой субъективной реальности; *тип 5 «виртуал»* всегда вне реальности, бывает удовлетворен и не удовлетворен жизнью; *тип 6 «пессимист»* меняет субъективные реальности, но нигде не бывает удовлетворенным жизнью (Головина, Савченко, 2021)

В методике, используемой в настоящем исследовании, предполагалось, что такие условия задают реальное и виртуальное субъективное пространство (Головина, Савченко, 2021, 2022). Было обнаружено, что существуют разные типы людей, удовлетворенных жизнью, но предпочитающих разные субъективные пространства обитания, обладающих разной выраженностью фундаментальных мотивов, направленности на социальное сравнение, общей удовлетворенности жизнью и удовлетворенности разными сторонами жизни, что подтвердило валидность методики и дало возможность использовать полученные эмпирические данные принадлежности респондента к определенному типу для задания значений параметров вероятностного автомата (агента).

Предложена модель агента, имитирующего изменение удовлетворенности жизнью динамического типа.

Как было показано, в нашем исследовании, наиболее частотными являются типы личности, для которых предельными циклами состояний являются переходы: из состояния *социально устроен и удовлетворен жизнью* в состояние *устроен и не удовлетворен жизнью* (1 тип «реалист»); из состояния *устроен и удовлетворен* в состояние *не устроен и удовлетворен* (тип 2 «оптимист»); из состояния *устроен и удовлетворен* в состояние *не устроен и не удовлетворен* (тип 3 «авантюрист»); из состояния *устроен и удовлетворен* в состояние *не устроен и удовлетворен жизнью* (тип 4 – «бродяга»).

Для моделирования агента использовался автомат Крылова, который имеет  $q$  положений (объем памяти). Переход от положения к положению зависит от выигрыша или потери и номера положения на предыдущем шаге. Такой автомат является асимптотически оптимальным в стохастической среде Маркова, задаваемой с помощью вероятностей выигрыша ( $P_1, \dots, P_m$ ). Это означает, что предельное математическое ожидание выигрыша автомата равно максимальной вероятности  $P_i$  в среде  $f_i, i=1, \dots, m$   $\lim M = \max P_i$ .

При моделировании поведения агента с помощью автоматов вводится величина  $q$ . Она называется глубиной памяти автомата. Смысл этого параметра заключается в следующем. Чем больше  $q$ , тем более инерционен автомат, ибо тем большая последовательность проигранных вынуждает его к смене действий. Интуитивно ясно, что, чем больше инерционность автомата, тем ближе он к тому, чтобы, выбрав наилучшее в данной среде действие, продолжать выполнять только его. С ростом глубины памяти растет целесообразность поведения автомата в стационарных средах. И, наоборот, при малом значении  $q$  функ-

ционирование автомата более подвержено воздействию проигрышей, которые могут перевести автомат в новое действие.

Вероятности выигрыша в среде (стохастическая среда Маркова), вероятности перехода агента из одного состояния в другое, а также глубина памяти (для моделирования каждого типа) определялись в эмпирическом исследовании с помощью частотных характеристик типов.

Предельный выигрыш в случае моделирования удовлетворенности жизнью динамических типов представляет оценку удовлетворенности жизнью данного типа. Удовлетворенность агента каждого типа равна сумме выигрышей в каждом действии. Общая удовлетворенность жизнью вычисляется как сумма выигрышей агентов всех типов.

Предложена теоретическая модель микродинамики типов УЖ. Состояние задается как случайная среда:

- случайная среда с высокой вероятностью выигрыша  $p_1$ ;
- «неустроенность» – случайная среда с низкой вероятностью выигрыша  $p_2$ .

На рисунке 1 графически представлена модель одного из пяти выделенных в эмпирическом исследовании типов циклических переходов из одного состояния в другое типа *реалист*.

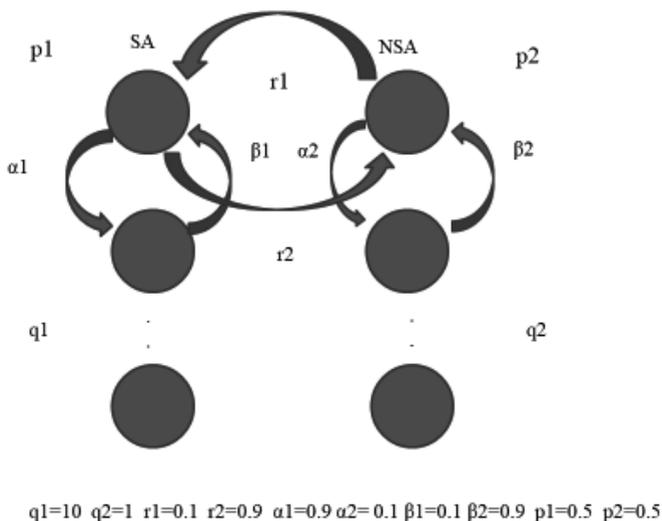


Рис. 1. Модель автомата «реалист»

Удовлетворенность жизнью агента задается с помощью глубины памяти автомата: состояние удовлетворенности соответствует  $q=1$ , состояние максимальной удовлетворенности соответствует  $q=10$ .

Вероятность смены агентом среды задается с помощью величин  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$ , принимающих значения от 0,1 до 0,9 и, наконец, вероятность перехода на другой виток памяти  $\alpha$  и  $\beta$  (ниже и выше).

Таким образом, существуют шесть наборов вероятностей для каждого типа, каждый из которых включает семь параметров —  $p_1, p_2, \gamma_1, \gamma_2, \alpha, \beta, q$ .

В соответствии с частотными характеристиками типов используются наборы параметров с вероятностями соответственно типам: 0,49; 0,27; 0,14; 0,09.

Проверка модели на данных выборки показала, что наиболее адаптивным является первый тип «реалист». Предельная вероятность этого типа стремится к 0,63; это означает, что на 63% он будет удовлетворен своей жизнью.

Выигрыши каждого из пяти выделенных типов, т. е. удовлетворенность жизнью типа, определялись на двух временных срезах.

Автоматная Модель интегрировалась в 2-факторную модель УЖ.

Результаты 2-факторного ДА свидетельствуют о том, что УЖ по совокупности данных значимо не изменилась после пандемии. Если рас-

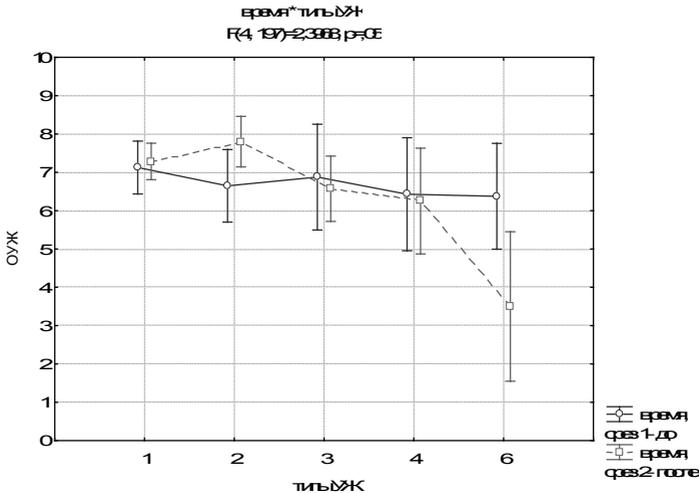


Рис. 2. Изменение УЖ разных типов на двух временных срезах

смотреть изменение УЖ по типам, то видно, что, возможно, отсутствие различий на срезах свидетельствует об изменении УЖ 2-го типа и 6-го типа: ОУЖ 2-го типа выросла, а 6-го типа значительно снизилась.

Дисперсионный анализ показал, что для более глубокого анализа динамики УЖ необходимо построение регрессионных моделей УЖ для каждого типа циклических переходов из реального пространства в субъективное. Для такого анализа необходимо достаточное количество респондентов в группах разного типа УЖ. Это является темой дальнейшего исследования.

В исследовании было показано, что высокий уровень жизненной удовлетворенности позволяет человеку оставаться оптимистичным, уверенным в себе и в своих силах, сохранять самообладание и позитивный настрой.

Можно сказать, что влияние кризиса зависит от того, насколько человек удовлетворен своей жизнью, насколько высоко он оценивает качество своей жизни в начале кризиса. Высокому уровню субъективного качества жизни соответствуют необходимые физические, духовные и материальные ресурсы для выживания в сложной ситуации, что позволяет человеку оставаться уверенным в себе и в своих силах, сохранять самообладание и позитивный настрой по поводу будущих событий, несмотря на трудности, связанные с влиянием пандемии, политической и экономической ситуации. Респонденты с высокими значениями параметров УЖ и СКЖ открыты новому опыту, готовы учиться и изменяться в соответствии с требованиями жизни.

## **Литература**

*Головина Г. М.* Автомат Крылова и модели игр в размещения // Математическая психология: школа В. Ю. Крылова / Под ред. А. Л. Журавлева, Т. Н. Савченко, Г. М. Головиной. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2010. С. 188–194.

*Головина Г. М., Савченко Т. Н.* Удовлетворенность жизнью и направленность на социальное сравнение людей разных динамических типов // Институт психологии Российской академии наук. Социальная и экономическая психология. 2021. Т. 6. № 4 (24). С 55–57. URL: <http://soc-econopsychology.ru/engine/documents/document199.pdf>. doi: 10.38098/ipran.sep\_2021\_24\_4\_03

*Сочивко Д. В.* Экзистенциальная психодинамика. М.—Рязань: Выс. школа психологии—Академия ФСИН России, 2020.

## **Dynamic diagnostics of limit cycles of life satisfaction states**

*G. M. Golovina (Institute of psychology RAS, Moscow),*

*T. N. Savchenko (Institute of psychology RAS, Moscow)*

The study considers the approach that allows using a probabilistic automaton model of cyclic transition from one state to another to find the limit cycle. The theoretical model assumes the identification of six types of cyclic transitions from one subjective space to another and states of life satisfaction (LS) in them. An automaton model of an agent simulating a change in life satisfaction of a dynamic type is proposed. The gains (losses) of each of the five types identified in the study were determined on two time slices. The automaton model has been integrated into the 2-factor model of the LS. The results of the 2-factor ANOVA showed that the absence of differences in the slices is due to changes in certain types of LS.

*Keywords:* automaton model, dynamic diagnostics, types of cyclic transitions, limit cycle, life satisfaction.

# ЭТАПЫ ВЕРИФИКАЦИИ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭСКАПИЗМА<sup>1</sup>

*Т. Н. Савченко (Институт психологии РАН, Москва)*

savchenkotn@ipran.ru

*О. И. Теславская (Институт психологии РАН,  
Государственный академический университет гуманитарных наук,  
Москва)*

teslavskaia@gmail.com

В статье описаны результаты верификации теоретической модели эскапизма. Представлена трехфакторная модель, в которой интегральный показатель эскапизма включает в себя три взаимосвязанные шкалы: неудовлетворенность и избегание проблем, альтернативная социальная реальность, интенсивность потоковых переживаний. В соответствии с системно-деятельностным подходом в теоретическую модель эскапизма было добавлено деятельностное измерение, предполагающее деятельностную реализацию эскапизма в форме различных типов адаптивных хобби-реакций. Сформулировано предположение о существовании определенного рода «эскапистских» форм досуговой деятельности, в большей мере отвечающих потребности в компенсаторном получении позитивных переживаний при уходе от внутренних и внешних конфликтов. На базе эмпирических данных проведена первичная классификация хобби-реакций и их исследование во взаимосвязи с показателями эскапизма. По результатам данного исследования сделан вывод о том, что эскапистская интенция проявляется независимо от формы и содержания досуговой деятельности субъекта. Планируется увеличение выборки исследования и дальнейшая работа по факторизации хобби-реакций личности во взаимосвязи с показателями эскапизма и уровнем психологической адаптации личности.

*Ключевые слова:* эскапизм, хобби-реакция, психологическая адаптация, внутриличностный конфликт.

---

1 Исследование выполнено при поддержке РФФ, проект № 22-28-01774.

Понятие эскапизма подробно раскрывается в ряде научных работ (Савченко, Теславская, 2017, 2021, 2022; Теславская и др., 2017). Бегство/уход от реальности рассматривается как один из факторов и стратегий адаптивного процесса. В соответствии с уровнями иерархической структуры адаптации выделены различные подходы к данному понятию: 1) психический (когнитивно-процессуальный, эскапизм приравнивается к компенсаторному фантазированию); 2) психологический: мотивация к осуществлению одного вида активности с целью избегания другой, сопряженной с необходимостью разрешать накопленные жизненные противоречия и переживать негативные эмоции, либо непосредственно процесс бегства от себя и собственных переживаний; психологическая защита/копинг/метакопинг-стратегия, направленная на разрешение личностью проблемных ситуаций с целью повышения ее уровня психологической адаптации и/или защиты своего «Я»; 3) социально-психологический – способ взаимодействия с миром в виде ухода/избегания не только от внутрисистемных, но и межличностных, межгрупповых конфликтов в ряду прочих глобальных способов взаимодействия человека с социальными системами (Савченко, Теславская, 2021).

Для исследования уровня выраженности эскапизма научным коллективом Института психологии РАН (Т. Н. Савченко, О. И. Теславская, Е. В. Беловол, А. А. Кардапольцева) была разработана авторская методика. В соответствии с предложенными уровнями-аспектами определения эскапизма в структуре опросника были выделены следующие априорные субшкалы: 1) субшкала «Альтернативная реальность», отражающая дифференцированное мировосприятие, реализуемое в форме склонности к восприятию жизненного мира как системы относительно автономных субъективных реальностей, интегрированных в единую целостность (Примеры пунктов опросника: «Границы реальности каждый человек определяет для себя сам», «Мой жизненный мир представляет собой несколько отдельных миров» и др.); 2) субшкала «Внутренний конфликт», отражающая наличие внутриличностного конфликта, связанного с актуальной жизненной ситуацией (Пример пункта опросника: «Происходящее в моей жизни часто вызывает во мне сильные отрицательные переживания» и др.); 3) субшкала «Уход от проблем», направленная на измерение склонности к мотивации избегания в проблемной ситуации (Пример пункта опросника: «Я часто откладываю решение трудных вопросов» и др.); 4) субшкала «Переключение» активности как смещение вектора активности с вну-

триличностного конфликта на субъективно альтернативную реальность с целью минимизации конфликта (Пример пункта опросника: «Занятие любимым делом отвлекает меня от негативных переживаний» и др.); 5) субшкала «Погружение», отражающая интенсивность компенсаторных положительных эмоций от погружения в альтернативное психологическое пространство (Пример пункта опросника: «Мир грез и фантазий может так захватить меня, что все проблемы уходят на второй план» и др.).

**Пилотный этап исследования (2013 г., N=70).** В соответствии с выделенными субшкалами в ходе групповой дискуссии были сформулированы пункты опросника, представляющие собой пары целостных альтернативных утверждений (60 пунктов – 120 утверждений, соответственно). Они были сгруппированы в 5 блоков и затем равномерно распределены в форме опросника таким образом, чтобы пункты из одного блока не следовали друг за другом. Методика включала 7-балльную симметричную шкалу оценки (3210123), выражающую степень согласия с каждым из утверждений. Это было сделано с целью уменьшения «прозрачности» методики и устранения позиционных эффектов. Было важно, чтобы предлагаемые альтернативы не воспринимались респондентами как взаимоисключающие, а также как «правильные-неправильные». Перед началом заполнения опросника участники были кратко проинформированы о направлении проводимого исследования, а также предупреждены о том, что участие в исследовании может быть связано со значительными затратами времени. Респонденты заполняли опросники не анонимно, однако они имели возможность подписывать бланки методик любым псевдонимом. Гарантировалась конфиденциальность личных данных, а также надежное хранение результатов тестирования. После ознакомления с предложенной информацией респонденты делали осознанный и добровольный выбор, соглашаясь на участие или отказываясь от него. Подтверждая согласие, участники получали доступ к батарее методик, каждая из которых предъявлялась на отдельной странице формы. В нижней части страницы испытуемые могли видеть ход выполнения («Завершено: n%»). Таким образом, методики предъявлялись последовательно и после завершения всего тестирования респонденты не имели возможности вносить исправления в свои ответы.

Анализ одномоментной надежности был проведен с помощью коэффициента  $\alpha$  Кронбаха. По итогам анализа все шкалы опросника показали высокую внутреннюю согласованность. Ретестовая надежность

не была проверена на данном этапе исследования. Корреляционный анализ показал, что субшкалы не являются независимыми. Были обнаружены статистически значимые положительные связи между всеми субшкалами. Наиболее выраженными оказались корреляции между субшкалами «Внутренний конфликт» и «Уход от проблем», а также в паре «Внутренний конфликт» и «Переключение». Не так ярко выражена связь между «Внутренним конфликтом» и «Погружением». Данные о корреляциях между шкалами, однако, не дают достаточных оснований для выводов о структурной валидности методики. С этой целью была проведена процедура факторного анализа методом главных компонент с последующим варимакс-вращением. Содержательно мы рассмотрели пятифакторное решение в соответствии с количеством предполагаемых субшкал. Факторная структура оказалась не очень четкой, а анализ показателя кумулятивной нагрузки выявил, что на пять факторов приходится всего 50% общей дисперсии.

### **Основное исследование**

**I этап (2014–2016 гг., N=380).** Проводился аналогичным образом на расширенной выборке (380 чел.). На основе результатов анализа очевидной валидности и факторной структуры опросника на пилотном этапе для основного исследования был произведен отбор пунктов и сокращение существующей версии методики. Были ликвидированы полярные выборы, так как они перегружали методику и вызывали трудности у респондентов, которые воспринимали утверждения как альтернативные, противоречащие друг другу суждения. Итоговым для новой версии опросника стал набор из 40 пунктов. В их число вошли пункты из первой версии, формулировки которых были частично скорректированы, с опорой на теоретическое описание конструктора. Другим изменением, внесенным в модификацию опросника, стала замена шкалы градации ответа на 5-балльную, предъявляемую испытуемым вербально.

По итогам анализа одномоментной надежности большинство шкал опросника (за исключением субшкалы «Погружение»), а также общий показатель склонности к эскапизму показали высокую внутреннюю согласованность ( $\alpha$  Кронбаха, 0,79–0,94). Мы расценили это как свидетельство того, что процесс формулировки и отбора пунктов был проведен с должной точностью. Корреляционный анализ вновь показал, что субшкалы не являются независимыми. Были обнаружены

статистически значимые положительные связи между всеми субшкалами. Наиболее выраженными оказались корреляции между субшкалами «Переключение» и «Погружение», а также в паре «Внутренний конфликт» и «Уход от проблем», «Переключение» и «Уход от проблем». Не так ярко выражена связь между субшкалами «Уход от проблем» и «Альтернативная реальность». Это не противоречит теоретическому конструкту, в котором заложена идея того, что методика измеряет склонность к эскапизму как некую общую характеристику, включающую одновременно все описанные компоненты эскапизма, содержание которых легло в основу построения субшкал.

Проведение факторного анализа показало, что наилучшим решением является трехфакторное решение. Убедительно выделились в один фактор утверждения, относящиеся к субшкале «Внутренний конфликт». В этот же фактор с умеренными нагрузками вошло пять из семи утверждений субшкалы «Уход от проблем», а также два из семи утверждений субшкалы «Переключение» (фактор 1). Все пункты субшкалы «Альтернативная реальность» четко образуют один фактор (фактор 2) вместе с одним пунктом субшкалы «Погружение» и четырьмя пунктами субшкалы «Внутренний конфликт», связанных с позицией человека относительно социальных норм и правил (уровень конформности). Фактор 3 оказался собран из пунктов субшкал «Переключение» и «Погружение», а также включил два пункта из субшкалы «Уход от проблем» (таблица 1).

**Таблица 1**  
Трехфакторная модель эскапизма

Субшкалы	I	II	III
Альтернативная реальность	0,228	0,266	0,931
Внутренний конфликт	0,902	0,108	0,284
Склонность к избеганию проблем	0,810	0,467	0,078
Переключение	0,375	0,745	0,263
Погружение	0,137	0,898	0,181

**II этап (2020–2021 гг., N=160).** На данном этапе мы отказались от 5-факторной модели в пользу 3-факторной, таким образом получилось 3 шкалы: 1) Неудовлетворенность и избегание проблем (комплекс-

ная, разносторонняя оценка факторов, провоцирующих эскапистские интенции: низкий уровень удовлетворенности жизнью, наличие внутриличностных конфликтов, когнитивного диссонанса и т. д.; 2) Альтернативная социальная реальность (отражает социально-психологический аспект понимания эскапизма, близкий к ретризму, одновременно со склонностью субъекта к константной разделенности субъективного мира личности на реальную и воображаемую субъективную реальность); 3) Шкала потоковых переживаний (компенсаторный аспект эскапизма, измеряющий положительные эмоции от погружения в эскапистскую деятельность). Также мы убрали из опросника пять пунктов, которые «выпадали» из предыдущей модели, в результате в опроснике осталось 35 пунктов (итоговый вариант методики см.: Теславская, Савченко, 2017). Проведена оценка ретестовой надежности опросника, подтвердившая правомерность выделения трех факторов в структуре эскапизма. Также на данном этапе был проведен анализ выраженности эскапизма у разных динамических типов удовлетворенности жизнью (динамических видов деятельности ухода от реальности). Более всего эскапизм выражен у динамического типа «виртуал», который в основном находится у субъективной реальности и удовлетворенность жизнью неустойчива.

**III этап (2022–2023 гг., N=57).** Проведена доработка теоретической модели. В соответствии с системно-деятельностным подходом, нам показалось целесообразным добавить к перечисленным аспектам измерения эскапизма деятельностное измерение и охарактеризовать уход от реальности как компенсаторную *деятельность*, с помощью которой субъект стремится разрешить или хотя бы минимизировать внутрисистемные и межсистемные рассогласования, уравновесить тяжелые эмоции, возникающие при появлении субъективно значимых внутренних и внешних проблемных ситуаций, позитивными. Видом деятельности, подходящим под такого рода задачи, являются увлечения, или хобби, отличительной чертой которых является удовольствие от процесса их осуществления. В этом смысле эскапизм может рассматриваться как хобби-реакция (см.: Личко, 1983). Он не ограничивается интенцией; личность проявляет соответствующую внешнюю активность и ищет способ осуществить уход из некомфортного психологического пространства в более благоприятное и компенсировать неприятные эмоции позитивными в окружающей ее среде. Такой дополненный подход к его определению соответствующим образом отразился на концептуальной модели эскапизма (см. рисунок 1).



Рис. 1. Концептуальная модель эскапизма

Одной из задач на данном этапе исследования стала первичная классификация хобби-реакций. А. Е. Личко выделял следующие группы увлечений: интеллектуально-эстетические, телесно-мануальные, лидерские, накопительские, азартные, информативно-коммуникативные (Личко, 1983). Мы предложили респондентам написать про хобби и оценить значимость предложенных 22 досуговых деятельности, включая те, которые чаще всего ассоциируются с эскапизмом – видеоигры, чтение книг, путешествия разной длительности, участие в деятельности субкультурных объединений и пр. В результате было выделено восемь факторов (классов) хобби, частично совпадающих с исходной классификацией: волонтерство, интеллектуально-эстетические, коммуникативный, деятельностный, информационно-познавательный, телесный, а также уход за домашними животными. В отдельную группу выделились «эскапистские» виды хобби-реакций, которые часто фигурируют

ют в исследованиях по данной проблематике: видеоигры, настольные игры, склонность к эзотерическим учениям и практикам. Осуществлена типология респондентов по восьми факторам.

## **Заключение**

В 2014–2023 гг. последовательно проводилась работа по верификации теоретической модели эскапизма. На всех этапах апробации и валидации опросника получены высокие показатели одномоментной надежности (0,7–0,8) как отдельных субшкал, так и опросника в целом, что свидетельствует об однородности пунктов с точки зрения измеряемого психологического свойства. В настоящий момент оптимальным представляется трехфакторное решение, рассматривающее эскапизм как совокупность трех показателей: 1) «внутренняя конфликтность и склонность к избеганию проблем» отражает интрапсихическую неустроенность и стремление уйти от себя; «альтернативная социальная реальность»; 2) «альтернативная социальная реальность», заключающая в себе стремление личности к нормативной диссоциации как индивидуальной, в форме «внутреннего» умножения субъективных психологических пространств, так и «внешней», групповой (см.: Коган, Семина, 2010), проявляющейся вчастности, в формах ухода в миноритарные группы и сообщества либо полного разрыва с «основным социумом»; 3) интенсивность погружения в компенсаторную активность, характеризующая уровень положительных эмоций при мечтании или осуществлении приятной деятельности, стремление к получению удовольствия, позитивных эмоций, наслаждению в ходе ее осуществления.

Проведен анализ выраженности эскапизма у разных динамических типов удовлетворенности жизнью (динамических видов деятельности ухода от реальности). И выделен наиболее «эскапичный» тип. Определены вероятности переходов. В дальнейшем предполагается использовать автоматные модели для выявления наиболее адаптивных типов.

Исходная теоретическая модель эскапизма была дополнена деятельностным измерением, в котором эскапистская деятельность находит выражение в форме хобби-реакций – ориентированных преимущественно на процесс, а не на результат форм деятельности, осуществляемых с целью компенсации негативных переживаний, получаемых при столкновении с трудными внутренними и внешними конфликтами. Предварительная гипотеза о существовании определенного рода

«эскапистских» форм досуговой деятельности, в большей мере отвечающих потребности в компенсаторном получении позитивных переживаний при уходе от внутренних и внешних конфликтов, не подтверждается. Это может быть связано непосредственно с тем, что сам вид и содержание досуговой деятельности все же имеет второстепенное значение: эскапистская интенция действительно проявляется независимо от содержания хобби-реакции субъекта. Другое объяснение может состоять в том, что одно и то же увлечение чаще всего основывается на целом комплексе побуждений различной интенсивности, среди которых эскапистская интенция может занимать как ведущее, так и далеко не первое место. Наконец результат может быть связан с небольшим размером выборки и тем, что нам удалось факторизовать только некоторые из видов хобби-реакций, в то время как часть была отклонена из-за большого количества нулей. В перспективе планируется увеличение выборки исследования и дальнейшая работа по факторизации хобби-реакций личности во взаимосвязи с показателями эскапизма.

## **Литература**

- Коган Б. М., Семина Т. Е.* Проблема диссоциации в психологии и психиатрии // Системная психология и социология. 2010. № 1 (2). С. 43–52.
- Личко А. Е.* Психопатии и акцентуации характера у подростков. Л.: Медицина, 1983.
- Савченко Т. Н., Теславская О. И.* Уход от реальности (эскапизм): отечественные и зарубежные психологические подходы к определению понятия // Разработка понятий современной психологии. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2021. С. 672–702.
- Савченко Т. Н., Теславская О. И.* Эскапизм как фактор психологической адаптации личности // Познание и переживание. 2022. № 3 (3). С. 38–63.
- Теславская О. И., Кардапольцева А. А., Беловол Е. В., Савченко Т. Н.* Эскапизм как предмет исследования в современной научной психологии // Психологический журнал. 2017. Т. 38. № 6. С. 52–64. doi: 10.7868/S0205959217060058
- Теславская О. И., Савченко Т. Н.* Субъективное качество жизни и психологическая адаптация у лиц с низким, средним и высоким уровнем эскапизма // Экспериментальная психология. 2019. Т. 12. № 2. С. 162–176. doi: 10.17759/exppsy.2019120212

## **Stages of verification of the theoretical model of escapism**

*T. N. Savchenko (Institute of Psychology RAS, Moscow),*

*O. I. Teslavskaya (Institute of Psychology RAS, State Academic University of Humanities, Moscow)*

The article describes the results of verification of the theoretical model of escapism. We present the three-factor model with the integral indicator of escapism including three interrelated scales: dissatisfaction and problem avoidance, alternative social reality, and the intensity of flow experiences. In accordance with the system-activity approach, an activity dimension has been added to the theoretical model of escapism, suggesting the activity implementation of escapism in the form of various types of adaptive hobby reactions. We formulated the assumption about the existence of a certain kind of “escapist” forms of leisure activity, which are more responsive to the need for compensatory positive experiences when avoiding internal and external conflicts. Based on empirical data, a primary classification of hobby reactions and their study in relation to indicators of escapism has been carried out. Latest results of the study show that escapist intention manifests itself regardless of the form and content of the subject’s leisure activities. We plan to increase the research sample and further work on factorization of personality’s hobby reactions in relation to indicators of escapism and the level of psychological adaptation of the individual.

*Keywords:* escapism, hobby reaction, psychological adaptation, intrapersonal conflict.

**НЕЙРОСЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ,  
ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ,  
СТРУКТУРЫ ЗНАНИЙ**



## **СНИЖЕНИЕ ЭНТРОПИИ ПОД ВОПРОСОМ: ПРИНЦИП «МЕТАТЬ И ЛОВИТЬ» В НЕЙРОФИЗИОЛОГИИ**

*И. Н. Трофимова (Макмастерский университет, Гамильтон, Канада)*

iratrofimov@gmail.com

Принцип «Метать и Ловить» («Throw & Catch» – T&C) в нейродинамике относится к антисипаторному, нейрофизиологически затратному, массивному и, следовательно, парадоксальному локальному увеличению энтропии («Метать»). Механизм такого локального увеличения энтропии происходит в ходе развития мозга, в процессах электродинамики и нейротрансмиссии всякий раз, когда возникает неопределенность в выборе степеней свободы (DF). Системы «Ловить» представлены выборочным расположением рецепторов и нейронов в соответствии со стратегическими предпочтениями организма. T&C в нервной системе также используется как эстафетные процессы при отборе DF в поведении на многих нейрофизиологических уровнях. Приводятся примеры нейрохимических систем, использующих такие эстафеты. Механизм «Метать» работает как внутренне генерируемый «фонарик», который вопреки общепринятым ожиданиям снижения энтропии локально увеличивает энтропию и дисперсию, наблюдаемую в процессах, связанных с ориентацией и формированием действия. Нейронная регуляция поведения представляется в этом смысле как конструктивный, нестабильный процесс, который постоянно совершенствует выбор поведенческих DF для обеспечения совместимости между окружающей средой и потребностями и способностями человека. Механизмы T&C распространены не только в нейрофизиологии, но и в природе, включая естественный отбор. Это свидетельствует о том, что регулирующие механизмы в биологических и социальных системах выходят за рамки известных математических алгоритмов, даже если они используют стохастическую динамику. Эти механизмы также противоречат принципу «снижения энтропии», отстаиваемому Фристоном и другими, но поддерживают идеи Вальтера Фримена о существовании антисипаторных хаотических аттракторов в нейродинамике.

*Ключевые слова:* энтропия, хаотический аттрактор, нейродинамика, нейрохимия, «Throw & Catch», принцип «T&C».

Математические модели нейронных процессов часто используют понятие снижения энтропии, связанное со снижением числа степеней свободы (с. с.) по мере того, как нервная система выбирает поведенческие альтернативы, а затем следует этому выбору. Многие модели рассматривают алгоритмы оптимизации такого выбора, включая многоступенчатое отбрасывание поведенческих альтернатив, ранжирование альтернатив, приписывание весов значимости и структурирование поведения, т. е. снижение энтропии и установление определенного порядка действий. В противоположность идее о снижении энтропии и минимизации свободной энергии в контексте нейронаук существуют многочисленные феномены, указывающие на увеличение, а не уменьшение энтропии нервной системой. Например, при рождении в человеческом мозге имеется хорошо документированное огромное число нейронов, синапсов и рецепторов, больше половины которых не доживают до двух-трех лет жизни. Аналогичное перепроизводство нейронов, а затем значительное сокращение в раннем детстве наблюдается в мозге животных. Существует также перепроизводство исходящих нейронных импульсов по сравнению с теми, которые были приняты в дальнейшую обработку другими нейронами. Многие из этих импульсов случайные, спонтанные и неспровоцированные стимулами и просто исходят из самого нейрона. Девять из десяти «обращений» нейронов к другим нейронам остаются без ответа и игнорируются. Наконец, как пример увеличения энтропии существует «разброс» поведения в стрессовых состояниях, и при этом эндокринная система использует интенсивный выброс гормонов в кровоток для быстрой доставки их к целевым участкам, а поведение резко перебирает многочисленные степени свободы. Парадоксальность такой «перепроизводства» заключается еще и в том, что передача даже одного спайка между нейронами или формирование одной молекулы гормона включает сложные нейрохимические механизмы, задействующие работу многих медиаторов. Формирование нейронов, а также их синапсов является многоступенчатым сложным и медленным процессом, в который включены многочисленные другие клетки как мозга, так и тела. Такое затратное формирование, а потом растрата 90% спайков, нейронов и синапсов «в никуда» в этом контексте не могут быть объяснены современными математическими моделями снижения энтропии и минимизации свободной энергии.

Для контраста этим моделям более подходящим алгоритмом моделирования нейроповеденческих процессов является принцип «Метать и ловить» («Throw & Catch» – T&C), который объясняет упомянутый парадокс «перепродукции» в нервной системе (Трофимова, 2022). Принцип T&C включает механизм массивного локального увеличения энтропии (стадия «Метать») всякий раз, когда возникает неопределенность в выборе степеней свободы, например, в сложных и вариативных средах поведения. Стадия «Ловить» представлена выборочным расположением рецепторов и нейронов в соответствии со стратегическими предпочтениями организма. Механизмы T&C известны в природе у животных, использующих эхолокацию, а также как фундаментальный эволюционный принцип естественного отбора. Вышеупомянутая перепродукция нейронов, синапсов и нейронных спайков, а потом их 90%-ная «прополка» является примером T&C в нейроанатомии.

Механизм антисипаторного увеличения и структуризации энтропии, который следует алгоритму T&C, был описан в работах американского психофизиолога Вальтера Фримана. Одним из главных вкладов работы Фримана в 1960–2000-х годах является новаторское применение методов нелинейной динамики к анализу нейродинамики (Freeman, 2001, 2012). Его эксперименты в области нейрофизиологии и математического анализа нейродинамики открыли существование упреждающих хаотических аттракторов в электрической активности мозга. Фриман показал, что нейродинамику выбранного поведения можно представить в виде аттрактора точечного или предельного цикла, когда система предсказуемо движется по одним и тем же динамическим траекториям. Во время активного построения поведения нейродинамика порождает более сложный «странный» (хаотический) аттрактор – и для этого как раз нужно создание дополнительных степеней свободы («Метать»), замеченных в виде многочисленных электрических потенциалов. Выбор нескольких поведенческих альтернатив происходит в точках бифуркации хаотических аттракторов при структурировании «шума» массового действия корковых нейронов. Когда система приближается к этим триггерным, чувствительным бифуркационным точкам потенциального переключения между «крыльями» аттракторов, она становится чувствительной к конфигурации стимулов и состоянию тела. Как бы следуя алгоритму «Метать», кортикальные нейроны продолжают возбуждать друг друга, чтобы обеспечить фоновое накопление аттракторов, пока не будут отправлены дополнительные входные сигналы, которые приведут возбуждение к пре-

вышению порога, необходимого для выбора той или иной траектории аттрактора. В эти наиболее нестабильные моменты странных аттракторов достаточно лишь небольшого толчка (полувыбранных и полуожидаемых) стимулов, чтобы создать небольшой дисбаланс в голосовании конфликтующих потенциалов для падения к определенному «крылу» аттрактора.

Фриман признал решающий вклад нейрохимических систем в регуляцию аттракторов; однако его основная работа была посвящена электродинамике, а не нейрохимии мозга. Тем временем именно нейротрансмиттерные, т. е. химические системы, модулируют сдвиг системы хаотических аттракторов из точки неопределенности на определенную траекторию либо к совершенно другому аттрактору, либо к их угасанию. Локальные нейронные сети, поддерживающие аттракторы в нейродинамике, вероятно, регулируются специфическими отношениями между локальными нейромедиаторными системами, обусловленными склонностью нервной системы получать определенные сигналы или выбирать определенное действие. Однако, согласно статистике, таких аттракторов может быть миллионы, а значит, должны быть дополнительные механизмы, способствующие дальнейшему снижению степеней свободы в поведении к единой последовательности действий. В этом контексте полезной оказалось ранее предложенная нами нейрохимическая модель «Функциональный ансамбль темперамента» (ФАТ, или FET, Functional Ensemble of Temperament), которая суммирует исследования функций нейротрансмиттеров, гормонов и нейропептидов в регуляции поведения (Трофимова, 2021). FET использует «мультимаркерный» подход, предполагающий, что не существует один-к-одному связей между единственным аспектом поведения и какой-либо отдельной нейрохимической системой. Вместо этого каждый психиатрический симптом или черта темперамента связаны с группой нейрохимических систем.

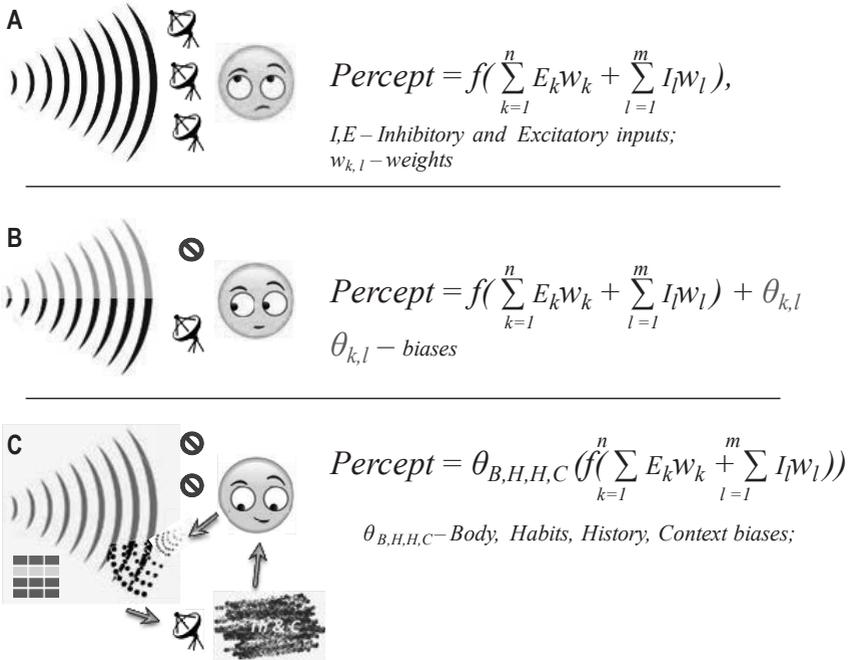
FET указывает на несколько «разделений труда» между нейрохимическими системами, которые также следуют принципу T&C, такие как: пара «ГГ» – глутамат («Метать») – гамма-аминомасляной кислоты (ГАМК, «Ловить»); контраст между глутаматом и моноаминами или контраст в паре норадреналин – ацетилхолин. Например, в коре головного мозга человека более чем в два раза больше возбуждающих глутаминергических синапсов, чем тормозных ГАМК синапсов. Наличие в два раза большего синапсов возбуждения, чем торможения, только увеличивает энтропию, даже если существуют неслучай-

ные и множественные механизмы торможения потенциалов. Второй контраст касается управляющего (т. е. «Ловить» и «Выбрать») влияния мозговых моноаминных (МА, т. е. серотонина, норадреналина, дофамина) и ацетилхолиновой (АХ) систем на «Метающий» потенциал, генерируемый при выделении глутамата. Здесь опять-таки мы видим гораздо больше энтропии, чем контроля: в отличие от массового присутствия нейронов ГГ и их многочисленных синапсов в коре, систем МА и АХ присутствуют значительно меньше. Третий пример можно увидеть в противопоставлении двух мозговых систем, норадреналина (NE) и АХ. Система NE, безусловно, имеет больше характеристик поддерживающих увеличение энтропии («Метать»), тогда как АХ имеет больше функций «Ловить». Преимущественно возбуждающие NE проекции довольно однородны, диффузны и в основном происходят из одного источника — голубого ядра (LC). Напротив, системы АХ головного мозга имеют более четкие и относительно независимые ядра, чем любые другие нейротрансмиттеры и имеют более оформленную, сложную структуру и разнообразие механизмов. Функционально центральная АХ участвует во многих аспектах регулирования с. с. в поведении: постоянное внимание к вероятностным аспектам ситуаций через корково-базальные системы переднего мозга; регуляция памяти при выборе с. с. через системы гиппокампа; отбор изученных элементов через холинергические интернейроны, которые регулируют дофаминно-ГАМК сети стриатума и мониторинг выполнения автоматических действий через холинергические системы переднего мозга, латерально-теgmentного ядра и мозжечка. Между тем, возбуждение, обеспечиваемое NE системами, связано с проверкой окружающей среды на предмет новизны (т. е. вниманием к новизне) и возбуждением гипоталамно-адреналинной оси при стрессовых событиях, т. е. расширением с. с. в поведении. Другими словами, NE, подобно глутаматным системам, «распыляет» возбуждающие потенциалы на области мозга, а сложные, многоуровневые, гораздо лучше структурированные системы АХ «сортируют» и урезают эти потенциалы, конечно, с помощью других химических посредников. Подобная же разница в функциональности между NE и АХ проявляется в их регуляции вегетативной, периферической нервной системы.

Дофаминные и опиоидные системы при этом играют третью роль — селекторов, направляющих поток глутамата и NE «Метать» и адаптирующих ГАМК-АХ механизмы «Ловить». Дофаминные системы помогают выделить и проранжировать значимость степеней свободы с точки

зрения среды и текущих событий, а опиоидные системы делают то же самое с точки зрения состояния тела и диспозиций меньше зависящих от среды. Принцип «Т&С» в нервной системе также проявляется как эстафетные процессы при отборе с. с. в поведении на многих нейрофизиологических уровнях. Свидетельство таких эстафет можно видеть в стойком несоответствии между количеством нейротрансмиттеров, высвобождаемых в конкретные структуры мозга, и количеством рецепторов для этих нейротрансмиттеров именно в этих структурах. Это несоответствие формирует «эстафету», в которой стратегическое расположение рецепторов следует за градиентом саморегулируемого отбора с. с. от одной области мозга до другой.

Рисунок 1 иллюстрирует контраст между моделями типа Перцептрон, описывающими обработку информации и принципами «Т&С». Первый сценарий обработки информации предполагает, что нервная система обрабатывает всю поступающую информацию, а затем сортирует все с. с. в поведении, теоретически доступные индивиду (рисунок 1-А). Такая полная сортировка всех стимулов и потенциальных действий постоянно перегружала бы нервную систему. Второй сценарий признает наличие «баяса», т. е. выборочности восприятия, но эта выборочность пассивна (рисунок 1-В). Принцип «Т&С» предполагает, что нервная система, вероятнее всего, работает с гораздо меньшим набором с. с. и активно, самостоятельно генерирует встречное предвзятое возбуждение, чтобы во время восприятия сопоставить только выбранные запросы на информацию и ожидания с реальной информацией о среде (рисунок 1-С). Преимущества нейрохимически высокочрезвычайно затратных механизмов «Т&С», скорее всего, связаны со способностью нервной системы иметь собственный «фонарик», который можно локально включать в ситуациях неопределенности, например, чтобы облегчить сравнение схожих элементов в восприятии или действиях. Преимущества механизмов «Метать» в массовой нейродинамике, описанной Фриманом, можно также видеть в создании апперцептивных аттракторов, формирующих предрасположенность нервной системы к будущим выборам. Эти механизмы облегчают оценку совместимости между текущими, ожидаемыми и фактическими событиями. И на самом деле, максимальный объем нейротрансмиссии (учитывая число ГГ клеток и их синапсов) происходит в структурах мозга, наиболее связанных с обработкой информации, т. е. в коре головного мозга и гиппокампе. Тем самым всякий раз, когда возникает необходимость разобраться в разнообразии и множественности с. с., нервная система



**Рис. 1.** Принцип «Метать и Ловить» («Throw & Catch», T&C) (C) в сравнении с моделями бихевиоризма (A) и выборочного перцептрона (B)

имеет способность увеличить дисперсию (и энтропию). Отбор значимых и подавление ненужных с. с. при построении действия происходит от коры к вентральному стриатуму, затем от вентрального к дорсальному стриатуму, затем от стриатума к латерально-дорсальному тегменту и мозжечку, и все это под корково-базальной координацией переднего мозга. Для сравнения: периферические нейроны не имеют таких эстафет и такой же сложности механизмов «Т&С», как кортикальные или гиппокампные нейроны. Они редко взаимодействуют с другими нейронами посредством внеклеточной или синаптической передачи и имеют хорошо дифференцированные пути от периферического рецептора к ЦНС. Другими словами, чем выше неопределенность ситуации, тем больше неопределенности генерирует нервная система посредством «Т&С».

В инженерных науках было также замечено, что увеличение энтропии (шума) может быть полезном при распознавании слабых сигналов.

Такое усиление сигнала с применением шума было названо «стохастическим резонансом» (СР) и оказалось возможным не во всех, а только в некоторых нелинейных системах (Lin et al., 2019). Сначала считалось, что проявление эффекта СР в бистабильных системах объясняется прежде всего переключением между двумя конкурирующими устойчивыми состояниями равновесия (двумя минимумами). Однако впоследствии было обнаружено, что наличие «двухминимумного» потенциала не является обязательным. Высокочастотные синусоиды также были предложены в качестве альтернативы случайному шуму. Было также обнаружено, что долговременные траектории хаотических нелинейных динамических систем чрезвычайно чувствительны к небольшим возмущениям, и такая высокая чувствительность может быть эффективно использована для обнаружения слабых сигналов путем наложения их на входные данные и сравнения полученных выходных данных. Последующая за этим идентификация сигнала, однако, остается проблемой в радиоинженерии, поскольку хаос сам по себе означает непредсказуемость, в результате точная идентификация очень слабого сигнала, встроеного в непредсказуемую хаотическую последовательность данных, становится практически почти невозможной.

Таким образом, «Т&С» представляет психологические процессы как проактивные, имеющие постоянную интерактивную обратную связь между тем, что нужно нервной системе (в качестве нейрохимических эстафет от модулей «Ловить» до «Метать») и тем, что имеется в среде (от «Метать» к «Ловить»). Обсуждаемые примеры иллюстрируют принцип конструктивизма, согласно которому деятельность нервной системы носит генеративный, очень избирательный и предвзятый характер по отношению к потребностям и возможностям индивидов, но в большинстве случаев слепа к большей части информации об окружающей среде. Более того, хаотические аттракторы обеспечивают системе постоянную «открытость», делая ее готовой реагировать на информацию без необходимости исчерпывающего поиска в памяти. Фриман тем самым разделял принципы конструктивизма и саморегуляции, предложенными Бернштейном и Анохиным, начиная с 1930—1940 гг. на основе их подробных психо-физиологических экспериментов по построению поведения. Схожий принцип был также описан в когнитивной психологии, начиная с работ Бартлетта в 1930-е годы по исследованию памяти. Как писал Фриман о восприятии, оно представляет «устойчивую динамическую модель с множественными результатами. Оно может не совпадать со временем появления стиму-

лов или подготовкой к действию. Восприятие часто просто экранирует окружающую среду как пред-афферентацию или игнорирует ее, поскольку она не представляет интереса. Появление стимулов подтверждает или опровергает перцептивную гипотезу» (Freeman, 2012). Наличие этих устойчивых динамических паттернов создает упреждающую готовность к нескольким поведенческим альтернативам и значительно ускоряет будущий выбор степеней свободы.

Итак, механизм нервной системы «Метать» работает как внутренне генерируемый «фонарик», который вопреки общепринятым ожиданиям снижения энтропии локально увеличивает энтропию и дисперсию, наблюдаемую в в ситуациях неопределенности во время ориентации или выбора действий. Нейронное регулирование проявляется в этом смысле как конструктивный, замкнутый процесс, который постоянно совершенствует выбор поведенческих альтернатив, совместимых между существующими условиями, потребностями и возможностями человека. Механизм самостоятельного увеличения энтропии оказывается полезным для улучшения распознавания сигнала и был замечен в инженерных науках как стохастический резонанс, присущий некоторым нелинейным системам при распознавании слабых и также нелинейных стимулов. Следовательно, внимание к этим феноменам может продвинуть прогресс в мат-моделирование психических процессов, согласно современным знаниям нейронаук.

**А:** Восприятие рассматривается как антенны, пассивно принимающие, а затем обрабатывающие окружающую информацию, используя наборы тормозящих и возбуждающих сетей.

**В:** Восприятие имеет искажения, что позволяет нервной системе уделять больше внимания одним стимулам, чем другим. В этой модели нерелевантные стимулы по-прежнему обрабатываются, но затем отвергаются (подавляются) в соответствии с предрасположенностью нервной системы.

**С:** В соответствии с принципом «Т&С», нервная система «набрасывает дополнительные вещества и нейродинамику, подобно тому, как карандаш марает бумагу, когда человек ищет на ней вмятины. Кроме того, расположение рецепторов, анализирующих полученные «вмятины», зависит от диспозиций и потребностей тела, истории поведения и контекста ситуации. Цветное лого символизирует влияние нейрохимических систем описанных в модели FET. Таким образом, диспозиции должны не просто суммироваться как добавки к основному уравнению, а являться основными факторами, определяющими

ми то, на что настроено восприятие человека. Это позволяет нервной системе не воспринимать большинство окружающих раздражителей и осуществлять упреждающий поиск соответствующей информации.

## **Литература**

*Freeman W.J.* Chaotic Oscillations and the Genesis of Meaning in Cerebral Cortex // W. Sulis, I. Trofimova (Eds). *Nonlinear Dynamics in Life and Social Sciences*. Amsterdam: IOS Press, 2001. P. 44–62.

*Freeman W.* *Neurodynamics: an exploration in mesoscopic brain dynamics*, Springer Science & Business Media, 2012.

*Lin R., Ng T. Y., Fan Z.* New Type of Spectral Nonlinear Resonance Enhances Identification of Weak Signals // *Scientific Reports*. 2019.9.14125. doi: 10.1038/s41598-019-50767-z

*Trofimova I.* Contingent tunes of neurochemical ensembles in the norm and pathology: can we see the patterns? // *Neuropsychobiology*. 2021. V. 80 (2). P. 101–133. doi: 10.1159/000513688

*Trofimova I.* Anticipatory attractors, functional neurochemistry and “Throw & Catch” mechanisms as illustrations of constructivism // *Reviews in the Neurosciences*. 2022. doi: 10.1515/revneuro-2022-0120

## **Entropy reduction questioned: the “Throw & Catch” principle in neurophysiology**

*I. Trofimova (McMaster University, Canada)*

The “Throw & Catch” (T&C) principle in neurodynamics refers to the pro-active, neurophysiologically expensive, massive and, therefore, paradoxical topical increase of entropy (“Throw”). The Throw occurs within brain development, electrodynamics and neurotransmission whenever there is an uncertainty in the selection of degrees of freedom (DFs). The “Catch” systems are represented by the positioning of receptors and neurons that follow the strategic preferences of the body. The T&C in the nervous system also proceeds as the relay-like processes during the selection of DFs in behaviour at many neurophysiological levels. The presentation gives examples of neurochemical systems using such relays. The “Throw” works as an internally generated “flashlight” that, contrary to the expectations of entropy reduction, locally increases entropy and variance observed in the processes related to orientation and action formation. The neural regulation of behaviour appears to be a fluid, constructive process, constantly upgrading the choice of behavioural DFs, to ensure the compati-

*И. Н. Трофимова*

bility between the environment and an individual's needs and capacities. The T&C is common in nature, including natural selection. This suggests that regulatory mechanisms in biological and social systems go beyond quantum mechanical algorithms, even though they use stochastic dynamics. These mechanisms also contradict the "entropy reduction" principle advocated by Friston and others but support Walter Freeman's work on anticipatory chaotic attractors in neurodynamics.

*Key words:* entropy, chaotic attractor, neurodynamics, neurochemistry, "Throw and Catch" (T&C) principle.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБУЧЕНИЯ ЛЮДЕЙ И ЛОГИЧЕСКОГО ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

*Л. Е. Адамова (РосНОУ, Москва)*

larisapers@yandex.ru

*О. О. Варламов (МГТУ им. Н. Э. Баумана, НИИ МИВАР, Москва)*

ovar@narod.ru

Созданные системы логического искусственного интеллекта (ИИ) необходимо обучать новым знаниям в формализме двудольных ориентированных графов миварных сетей. Такое обучение миварных сетей можно проводить разными способами, но в настоящее время основным является способ, когда люди в ручном режиме обучают системы ИИ. Даже если проводить автоматическое обучение или самообучение систем логического ИИ, то все равно люди должны будут проверить результаты обучения как путем анализа баз знаний, так и путем тестирования при решении практических задач. Эта проблема является актуальной и сложной, но для нее еще не предложены хорошие решения. Но уже необходимо создавать миварные экспертные системы с переходом к «Большим знаниям» для интеллектуальной обработки информации и принятия решений. Поэтому предложено использовать результаты научных исследований по обучению студентов как для обучения аналитиков и когнитологов, так и для дальнейшего обучения систем ИИ. Предлагается применить накопленный опыт самоорганизации из психологии для обучения людей. Исследование самоорганизации на различных этапах учебно-профессиональной деятельности показывает, что обучающиеся с более высоким уровнем самоорганизации достигают большего успеха и добиваются большего на пути к самореализации, что важно для когнитологов. Формат чередования индивидуальной и групповой работы с использованием коучинговых технологий эффективно влияет на самоорганизацию студентов, поэтому предложено это использовать и для когнитологов.

*Ключевые слова:* психология, самоорганизация, коучинг, мивар, миварные экспертные системы, логический искусственный интеллект, «Большие знания», диалог, обучение.

## **Введение**

В настоящее время системы логического искусственного интеллекта (ИИ) активно развиваются на основе применения миварных технологий (Варламов, 2002). Для логики важно отметить, что отдельные факты сами по себе не позволяют принимать решения, поэтому их необходимо загрузить в информационную модель предметной области. Следовательно, необходимо заранее создавать модели и объединять их в виде «Больших знаний» — фактов и правил принятия решений. Научные исследования в области ИИ проводятся на трех разных уровнях: статистическом-рефлексном, логически рассуждающем и социальном. Но именно логический уровень является основой научного знания, так как позволяет выявлять причинно-следственные связи и развивать научное знание (Мивар'23, 2023). Как было показано (Мивар'22, 2022; Мивар'23, 2023) созданные системы логического ИИ необходимо обучать новым знаниям в формализме двудольных ориентированных графов миварных сетей. Обучение можно проводить разными способами, но в настоящее время основным является способ, когда люди в ручном режиме обучают системы ИИ. Даже если проводить автоматическое обучение или самообучение систем логического ИИ, то все равно люди должны будут проверить результаты обучения как путем анализа баз знаний, так и путем тестирования при решении практических задач.

Поэтому предложено использовать результаты научных исследований по обучению студентов (Адамова, 2022; Миронов, 2022), как для обучения аналитиков и когнитологов, так и для дальнейшего обучения систем ИИ. Предлагается применить накопленный психологией опыт самоорганизации для обучения людей, а также использовать коучинговые технологии. Таким образом, тема работы является актуальной и практически значимой.

## **Способы создания «Больших знаний»**

Как было подробно показано (Мивар'23, 2023), для создания «Больших знаний» сегодня существует три основных варианта (рисунок 1):

- В1 — эксперты по предметной области обучаются технологии аналитического создания баз знаний, фактически получая дополнительное образование «аналитика-когнитолога» и самостоятельно создают свои предметные базы знаний;

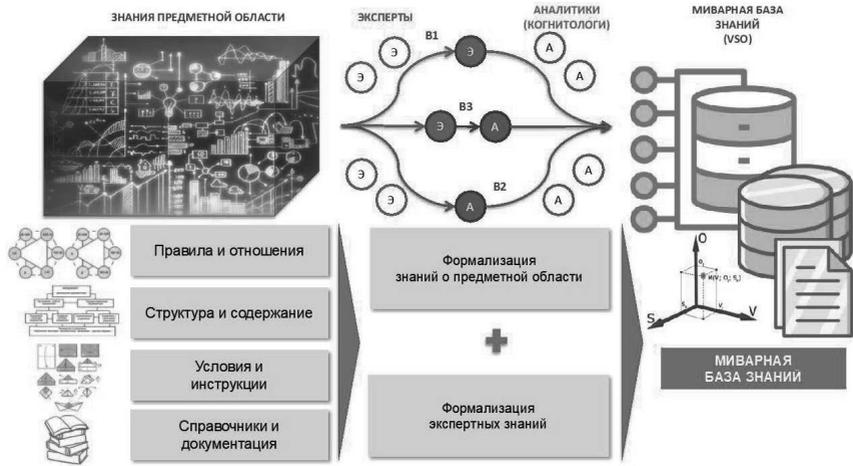


Рис. 1. Способы создания миварных баз знаний

- В2 – аналитик (когнитолог) изучает предметную область и создает самостоятельно базы знаний, что сильно затягивает время и может привести к тому, что аналитик как новичок в предметной области не сможет узнать и получать именно экспертные знания и поэтому не занесет их в базу знаний;
- В3 – совместная работа экспертов и аналитиков наиболее предпочтительна, так как здесь сочетается глубина знаний эксперта и скорость аналитика по внесению знаний в базу.

### Самоорганизация личности для обучения систем ИИ

В связи со стоящими сложными задачами по обучению ИИ вопрос необходимости формирования и развития способности когнитолога-аналитика к управлению своим временем, ресурсами и возможностями становится важным. Используем наработки по решению проблемы формирования и поддержания самоорганизации личности на различных этапах учебно-профессиональной деятельности (Адамова, 2022). Отметим, что создание баз знаний является более сложным и формализованным процессом, чем обучение людей, так как здесь требуется более мелкая детализация всех знаний и подробное описание всех процессов.

В психологии уже исследована структура и функции самоорганизации с позиции личностно-деятельностного подхода, проанализи-

рованы факторы, влияющие на развитие самоорганизации в учебной и учебно-профессиональной деятельности на примере студентов. Исследование самоорганизации показывает, что обучающиеся с более высоким уровнем самоорганизации достигают большего успеха и добиваются большего на пути к самореализации (Адамова, 2022; Миронов, 2022). Для создания баз знаний логического ИИ одной из важнейших задач трансформации (само) образовательного процесса становится задача развития самоорганизации учебной деятельности аналитиков и когнитологов. Практика показывает, что эта проблема актуальна и для зрелых специалистов, давно получивших высшее образование, но вынужденных заниматься постоянным самообучением. При этом самоорганизацию учебной деятельности когнитолога нужно рассматривать как непрерывно развивающийся процесс всей совокупности элементов познавательной деятельности обучающегося, направленный на мотивированное приобретение им знаний, умений, навыков и компетенций в целях дальнейшего обучения систем ИИ.

Недавний опыт показал, что, несмотря на все минусы дистанционной работы, включенной на некоторое время в образовательный процесс, отмечен несомненный плюс в том, что студенты, попав в ситуацию обучения с применением дистанционных образовательных технологий, смогли во многих случаях повысить уровень самоорганизации учебной деятельности, которая постепенно превращается в одну из доминирующих форм индивидуализации учебного процесса и таким образом помогает студенту стать личностью, способной к самоорганизации и самореализации не только в учебной, но и в дальнейшей профессиональной деятельности (там же). Аналогичные процессы помогут когнитологам развиваться в своей области и успешно обучать ИИ. Ведь многие аналитики и когнитологи в сфере ИИ — это вчерашние студенты.

### **Коучинговые технологии для когнитологов**

Для решения задачи развития уровня самоорганизации и вовлечения когнитологов в ответственную самостоятельную работу требуются новые инструменты и технологии, ориентированные на быстрое результативное обучение. Одной из таких технологий становится коучинг, который помогает раскрыть сущность потенциала личности для максимального повышения ее эффективности с учетом психологических особенностей возрастных этапов (там же). Коучинг основан на диалоге, а коучинговые технологии базируются на психологических механиз-

мах, среди которых важно отметить рефлексию, активизацию чувств, поощрение позитивного настроения и инсайт. Опыт общения с молодыми когнитологами показывает, что они могут достаточно быстро «выгореть профессионально», так как результаты их труда не сразу понятны и проверять их весьма сложно для внешних специалистов. Кроме того, когнитологи в основном по своей работе общаются с компьютерными программами и различными базами знаний. Поэтому очень важно поддерживать через диалог с людьми поощрение позитивного настроения и успешное продолжение работ по обучению систем ИИ вплоть до достижения видимых результатов. Результаты проведенных исследований показали, что формат чередования индивидуальной и групповой работы с использованием коучинговых технологий эффективно влияет на самоорганизацию людей, повышая готовность к самостоятельной работе и более качественной оценке собственных поступков, способствуя тем самым повышению уровня учебной мотивации (Адамова, 2022).

Анализ выявил основные факторы, способствующие развитию самоорганизации студента (Адамова, 2022; Миронов, 2022). На первом месте стоит личность преподавателя, благодаря педагогическому мастерству которого обучающийся вовлекается в учебный процесс, стремясь получить больший объем знаний, умений и навыков, чувствуя поддержку и опираясь на свои внутренние цели. В нашем случае для когнитологов такими преподавателями являются старшие коллеги и наставники. Самообучение — это хороший и полезный навык, но, если есть возможность организовать наставничество и обучение когнитологов (не только молодых, что важно), то наставники должны обладать педагогическим мастерством.

## **Заключение**

Уже созданные системы логического искусственного интеллекта необходимо обучать в формализме миварных сетей с переходом к «Большим знаниям». Такое обучение можно проводить разными способами, но в настоящее время основным является ручной способ.

Кроме того, люди должны будут проверить результаты обучения систем ИИ как путем анализа баз знаний, так и путем тестирования при решении практических задач.

Предложено использовать результаты научных исследований по обучению студентов как для обучения аналитиков и когнитологов, так и для дальнейшего обучения систем ИИ.

Предложено применить накопленный психологией опыт самоорганизации для обучения людей, когнитологов и аналитиков. Исследование самоорганизации на различных этапах учебно-профессиональной деятельности показывает, что обучающиеся с более высоким уровнем самоорганизации достигают большего успеха и добиваются большего на пути к самореализации, что важно для когнитологов.

Для когнитологов предложено использовать коучинговые технологии, так как это эффективно влияет на самоорганизацию людей и улучшает процесс обучения систем искусственного и интеллекта.

## **Литература**

*Адамова Л. Е.* Особенности формирования самоорганизации студентов в преподавании коучинга // Образование и педагогическая наука в XXI веке: теоретические и практические аспекты исследований. Сборник трудов IV Всероссийской межвузовской научно-практической конференции. М., 2022. С. 13–18.

*Варламов О. О.* Эволюционные базы данных и знаний для адаптивного синтеза интеллектуальных систем. Миварное информационное пространство. М.: Радио и связь, 2002.

Мивар'22: Сборник статей. М.: Инфра-М, 2022.

Мивар'23: Сборник статей. М.: Инфра-М, 2023.

*Миронов С. А., Адамова Л. Е.* Применение методов коучинга для решения стрессовых ситуаций в профессиональной деятельности // Образование и педагогическая наука в XXI веке: теоретические и практические аспекты исследований. Сборник трудов IV Всероссийской межвузовской научно-практической конференции. М., 2022. С. 214–218.

## **Research of the processes of training people and learning logical artificial intelligence**

*L. E. Adamova (RosNOU, Moscow),*

*O. O. Varlamov (BMSTU, Research Institute MIVAR, Moscow)*

The created logical artificial intelligence (AI) systems need to be trained in new knowledge in the formalism of bipartite directed graphs of mivar networks. Such training of mivar networks can be carried out in different ways, but currently the main method is when people manually train AI systems. Even if automatic training or self-training of logical AI systems is carried out, people will still have

to check the learning results both by analyzing knowledge bases and by testing when solving practical problems. This problem is urgent and complex, but good solutions have not yet been proposed for it. But it is already necessary to create mivar expert systems with the transition to “Big Knowledge” for intelligent information processing and decision making. Therefore, it is proposed to use the results of scientific research on student training, both for training analysts and cognitive scientists, and for further training of AI systems. It is proposed to apply the accumulated experience of self-organization from psychology to train people. A study of self-organization at various stages of educational and professional activity shows that students with a higher level of self-organization achieve greater success and achieve more on the path to self-realization, which is important for cognitive scientists. The format of alternating individual and group work using coaching technologies effectively influences the self-organization of students, so it is proposed to use this for cognitive scientists as well.

*Key words:* psychology, self-organization, coaching, mivar, mivar expert systems, logical artificial intelligence, Big Knowledge, dialogue, education, training.

# ПРИМЕНЕНИЕ МИВАРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЛОГИЧЕСКОГО ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПСИХОЛОГИИ

*О. О. Варламов (МГТУ им. Н. Э. Баумана, НИИ МИВАР, Москва)*

ovar@narod.ru

*Л. Е. Адамова (РосНОУ, Москва)*

larisapers@yandex.ru

Методы искусственного интеллекта (ИИ) могут применяться в математической психологии для автоматизации решения различных задач. В работе предложено применять в психологии методы логического ИИ нового поколения, которые получили название «миварные технологии». Показана системная модель области ИИ и выделена роль миварных технологий логического ИИ. Миварные технологии сняли ограничение «проклятия размерности» для полно-переборного логического вывода и автоматического построения алгоритмов решений, так как еще в 2002 г. был создан метод обработки продукционных правил «Если..., то» с линейной сложностью логического вывода. Этот метод работает на миварных сетях – ориентированных двудольных графах, объединяющих продукционные правила и сети Петри. Для любых предметных областей, в которых знания могут быть описаны в формализме миварных сетей, можно создавать экспертные системы нового поколения. Показана достаточная универсальность миварных экспертных систем, а также их применение в медицине, включая пример для психодиагностики. Необходимо создавать миварные экспертные системы в психологии с переходом к «Большим знаниям» для интеллектуальной обработки информации и принятия решений.

*Ключевые слова:* психология, диагностика, мивар, миварные экспертные системы, логический искусственный интеллект, миварные технологии, «Большие знания», обучение.

## Введение

На современном этапе развития области искусственного интеллекта (ИИ) созданы различные технологии, которые можно применять в психологии для решения самых различных задач. Возможность успешного создания и применения интеллектуальных информационных систем с применением логического искусственного интеллекта была практически продемонстрирована на основе применения миварных технологий (МИВАР – многомерная информационная варьирующаяся адаптивная реальность). Необходимо отметить, что миварные технологии (Варламов, 2002) логического искусственного интеллекта развиваются с 1985 г., когда они начали разрабатываться в интересах создания глобальных познающе-диагностических систем оценки военно-политической обстановки (рисунок 1). Известно пять уровней получения сигналов с объектов наблюдения, которые сначала формируются на датчиках различной физической природы, затем преобразуются из аналогового вида в дискретный и в виде компьютерных данных обрабатываются на следующем уровне. На основе обработки полученных данных формируются определенные сведения, представляющие собой в определенном виде формализованные факты о наблюдаемой предметной области.

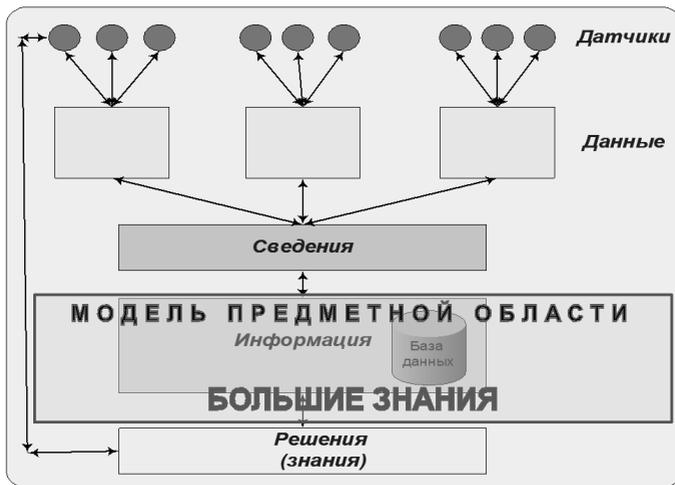


Рис. 1. Миварные технологии создавались для познающе-диагностических систем оценки ВПО

Отдельные факты сами по себе не позволяют принимать решения, поэтому их необходимо загрузить в информационную модель предметной области. Необходимо заранее создавать модели и объединять их в виде «Больших знаний»: фактов и правил принятия решений (рисунок 1). Без заранее созданных баз знаний обрабатывать отрывочные одиночные сведения не представляется возможным, так как правила принятия решений должны учитывать, что было «до» с переходом к прогнозам в варианте ответа «что будет, если...». Считаем, что аналогичный подход по получению исходных данных и последующей обработке информации целесообразно применять и в математической психологии.

В процессе создания системной модели ИИ выявлено, что целесообразно выделить три области ИИ, которые развиваются почти независимо друг от друга, так как ставят перед собой совершенно различные цели, относятся фактически к разным областям научной деятельности людей (рисунок 2), например: биология, медицина, прикладная математика, философия, социология, психология и др. Подчеркнем, что научные исследования проводятся на трех разных уровнях (рисунок 3): статистическом-рефлексном, логически рассуждающем и социальном. Логический уровень является основой научного знания, так как позволяет выявлять причинно-следственные связи и развивать научное знание.

**ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ** по научной и исторической сути – это область **компьютерной науки**, занимающаяся автоматизацией разумной деятельности человека.

ИИ – это: и 1) «зеркало» и 2) «окно в мир» для человека.

**РАЗУМНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ** = причинно-следственные рассуждения=логический вывод и/или построение алгоритмов действий в форматах:

«Если -> То» => «продукции» => «вход -> действие -> выход»



1. **КИБЕРНЕТИЧЕСКОЕ** моделирование мышления для создания модели человеческого мозга (для медицины +)



2. **ПРИКЛАДНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ (КОНСТРУКТИВИЗМ)** - это **АВТОМАТИЗАЦИЯ** в целях создания автономных роботов (без модели мозга, ведь «самолеты крыльями не машут»!)



3. **ОБЩЕТЕОРЕТИЧЕСКОЕ НАПРАВЛЕНИЕ** в философии и гуманитарных науках (этика роботов и т.п.)

Рис. 2. Три основные области науки искусственный интеллект

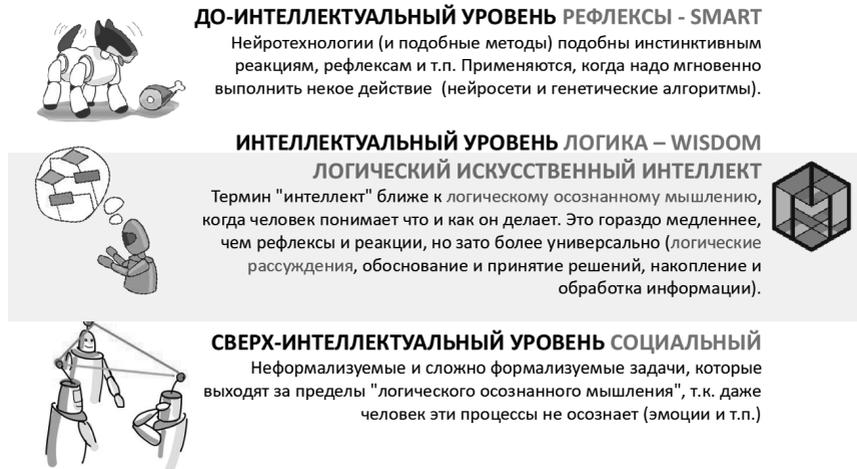


Рис. 3. Три уровня исследований в области ИИ

В логике такие правила называют по-разному, но в целом наиболее часто употребляют термин «продукционный подход» и правила в формате «Если..., то...». А уже на основании этих правил говорят о логически осознанном мышлении и «обоснованном принятии решений».

### Системная модель научной области ИИ

Системный анализ научной области ИИ позволил создать системную модель ИИ (рисунок 4), которая объединяет все области, уровни исследований и типы создаваемых систем ИИ:

- представление знаний в разделе экспертные системы;
- смысловое понимание естественного языка в разделе семантической обработки текстов;
- распознавание образов, которые могут генерироваться различными датчиками и представлять собой картинки, видео, звуки и т. п. сигналы от систем технического зрения в разделе «смысловое понимание образов»;
- управление своими «актерами» для роботов в реальном физическом мире в разделе автоматизированные системы управления.

Отдельно выделен пятый (новый) класс систем ИИ в виде систем управления автономными роботами, которые должны обладать все-

ми предыдущими системами, да еще и работающими внутри таких роботов, что исключает возможность использования суперкомпьютеров для дистанционного управления роботами.

Для области логического ИИ важно, что миварное информационное пространство <Вещь, Свойство, Отношение> (Варламов, 2002) позволяет описывать реальный мир в формализме многомерных мета-и гиперграфов и обобщает все основные модели представления знаний: ontologies (онтологии); trees (деревья принятия решений); binary graphs (бинарные графы); ER-diagram (модель сущность–связь); UML (бизнес процессы); Statistics – статистические модели; модели баз данных (реляционные, сетевые, иерархические и др.). Это дает возможность описать реальный мир в семимерном пространстве <X, Y, Z, T, V, S, O>. Миварный подход объединяет все направления логического искусственного интеллекта:

- 1) экспертные системы,
- 2) понимание языка,
- 3) распознавание образов,
- 4) АСУ;
- 5) интеллектуальные автономные роботы.

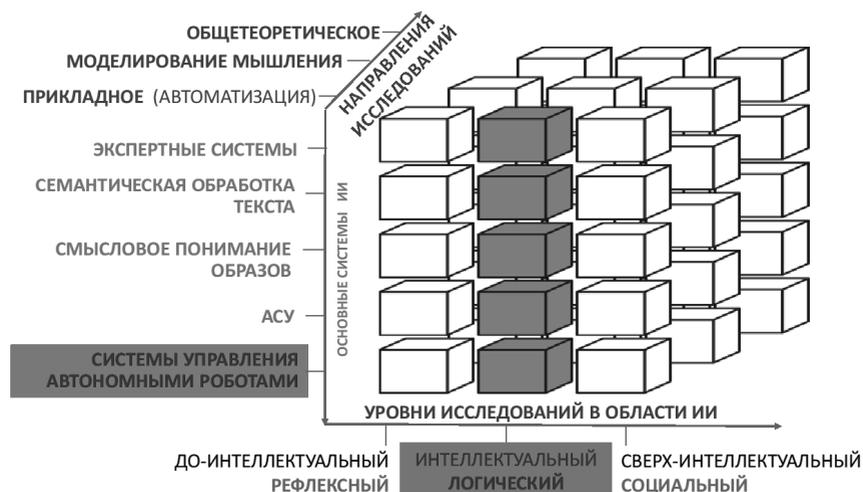


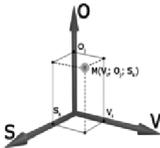
Рис. 4. Системная модель искусственного интеллекта

## Миварные технологии логического ИИ

Известны три основные миварные технологии (рисунок 5), которые получены в результате фундаментальных научных исследований и доведены до практического использования и внедрений в различных программно-аппаратных комплексах (Мивар'22, 2022; Мивар'23, 2023).

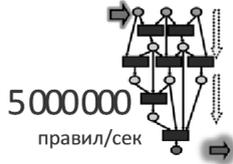
УНИКАЛЬНОСТЬ В ОБЪЕДИНЕНИИ МНОГОМЕРНОЙ ГНОСЕОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЗНАНИЙ «ВЕЩЬ-СВОЙСТВО-ОТНОШЕНИЕ» «VSO» И ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА С ЛИНЕЙНОЙ СЛОЖНОСТЬЮ

### 1. Единое Информационное Пространство



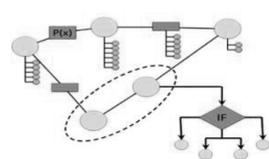
НАКОПЛЕНИЕ  
ИНФОРМАЦИИ=>  
БОЛЬШИЕ ЗНАНИЯ

### 2. Единое Управляющее Пространство



БЫСТРАЯ ЛОГИЧЕСКАЯ И  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ  
ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ

### 3. Единое Информационно-Управляющее Пространство



МНОГОМЕРНАЯ ОТКРЫТАЯ  
ГНОСЕОЛОГИЧЕСКАЯ  
АКТИВНАЯ СЕТЬ (MOGAN)

БАЗЫ ЗНАНИЙ «VSO», ЛИНЕЙНЫЙ ЛОГИЧЕСКИЙ ВЫВОД, СТАТИСТИЧЕСКАЯ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ПРЕДСТАВЛЯЮТ СОБОЙ ЕДИНОЕ ЦЕЛОЕ, ЧТО ПОЗВОЛЯЕТ АВТОМАТИЧЕСКИ СТРОИТЬ ГИБКИЕ АЛГОРИТМЫ РЕШЕНИЙ И ПРОИЗВОДИТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ В АВТОНОМНЫХ РОБОТАХ

МИВАР = Многомерная Информационная Варьирующаяся Адаптивная Реальность  
MIVAR = Multidimensional Informational Variable Adaptive Reality  
MOGAN = Multidimensional Open Gnoseological Active Net

6

Рис. 5. Теоретические результаты развития миварных технологий

В настоящее время миварный подход объединяет три новые информационные технологии (рисунок 5):

- 1) эволюционные многомерные базы данных и правил, в которых «мивар» – это точка трехмерного гносеологического базиса «Вещь–Свойство–Отношение» (единое информационное пространство);
- 2) логический вывод линейной вычислительной сложности («Разуматор» – автоматический конструктор алгоритмов из «причинно-следственных зависимостей Если..., то») на основе двудольных ориентированных графов – «миварных сетей» «Объект–Правило» в многомерном пространстве, объединяющих сети Петри с продукциями (единое управляющее пространство);
- 3) глобальные информационные модели для обработки «контекстов» и принятия решений в реальном времени, когда базы данных, ло-

гический вывод и вычислительная обработка представляют собой единое целое в миварном информационном пространстве с базисом «Вещь—Свойство—Отношение» (единое информационно-управляющее пространство).

В рамках миварного подхода уже созданы качественно новые экспертные системы (рисунок 5), обрабатывающие более 5 миллионов правил за доли секунды на одном обычном процессоре («Конструктор экспертных систем миварный»). В целом мивары могут рассматриваться как фундамент для логического искусственного интеллекта третьего/четвертого поколения. (Если рассматривать третье поколение ИИ как нейросети, то применение миваров можно считать следующим — четвертым поколением комплексного ИИ с линейным логическим выводом и миварными экспертными системами.) Разработано несколько версий Разуматора для различных операционных систем и процессоров, включая и функционирование на основе процессоров Эльбрус с ОС Астра-Линукс.

### **Обоснование предлагаемых решений**

Необходимо переходить от теории и создания «студенческих макетов» к полномасштабным практическим разработкам, начиная с создания «Больших знаний» и их обработки в миварных экспертных системах. Для создания «Больших знаний» сегодня существует три основных варианта (рисунок 6):

- В1** — эксперты по предметной области обучаются технологии аналитического создания баз знаний, фактически получая дополнительное образование аналитика-когнитолога и самостоятельно создают свои предметные базы знаний;
- В2** — аналитик (когнитолог) изучает предметную область и создает самостоятельно базы знаний, что сильно затягивает время и может привести к тому, что аналитик как новичок в предметной области не сможет узнать и получать именно экспертные знания и поэтому не занесет их в базу знаний;
- В3** — совместная работа экспертов и аналитиков наиболее предпочтительна, так как здесь сочетается глубина знаний эксперта и скорость аналитика по внесению знаний в базу.

В качестве обобщения отметим, что возможности миварной технологической платформы достаточно широки (фундаментальны) и могут

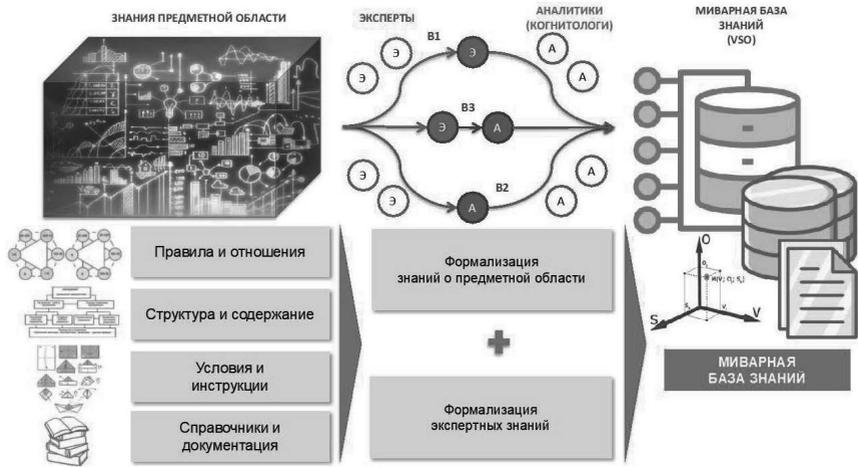


Рис. 6. Необходимы «Большие знания»: создание миварных баз знаний

быть использованы для создания всех 4 основных типов систем ИИ для интеллектуализации широкого спектра направлений деятельности, включая психологию.

На рисунке 7 показан способ объединения рефлексных статистических нейросетевых методов с миварными экспертными системами логического уровня ИИ. Такой подход позволяет создавать комплексные системы ИИ, примеры которых подробно описаны (Мивар'22, 2022; Мивар'23, 2023).

### Возможные применения миваров в математической психологии

Приведем пример МЭС для подбора персонала и учета психологической совместимости сотрудников (Мивар'23, 2023). В связи с актуальностью проблемы сочетаемости разных сотрудников в одном коллективе обосновано использование миварной экспертной системы (МЭС) для того, чтобы классифицировать тип личности пользователя. Показан порядок выполнения работы: от создания базы знаний по предметной области до занесения ее в КЭСМИ Wi!Mi Разуматор. Для создания базы знаний проанализированы мультфильмы «Шрек», выделен набор объектов персонажей и параметров, а также созданы сложные правила для однозначного определения персонажей и соответствующих им параметров. Для определения типа личности используется

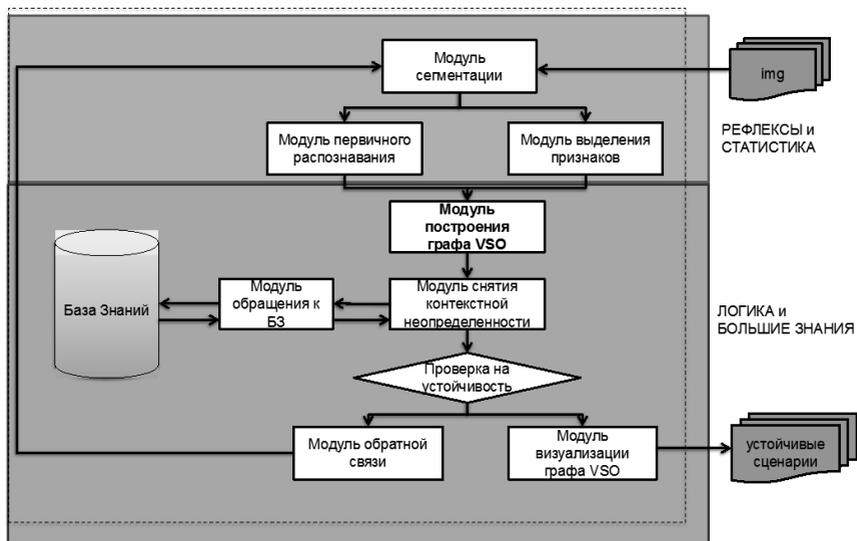


Рис. 7. Миварная схема объединения логики с рефлексами

классификация типов личности, по К. Г. Юнгу. Созданная база знаний дополнена информацией о типах личности каждого персонажа, что позволяет полностью описать одного персонажа и его тип личности, соответственно и тип личности самого пользователя. Это поможет с выяснением типа личности пользователя путем встраивания реализованной базы знаний в любое приложение, но не существующими сложными методами тестирования, а в простой игровой форме.

Следующий пример – применение МЭС для психодиагностики (Калашникова, 2022). Психиатрия становится все более популярной областью среди молодых специалистов, а неопытные врачи часто выносят некорректные диагнозы. Ввиду этого в индустрии появляется интерес к автоматизированным системам, поддерживающим диагностику различных расстройств и позволяющим молодым сотрудникам увеличить точность диагнозов. В статье рассматривается миварный подход как основа для систематизированной обработки информации и создания систем поддержки принятия врачебных решений (там же). Уделено внимание различным подходам к психодиагностике, которые можно совместить в одной системе. Использование технических средств, таких как МЭС «Психодиагностика», позволит проводить более эффективный прием пациентов даже врачам без практического опыта.

Также можно применять МЭС для интеллектуализации и автоматизации различных тестов, опросов и их обработки. Применение миварных технологий позволит создавать более гибкие и сложные системы тестов, когда фактически на основе полученной заранее базы знаний для каждого пользователя разрабатывается автоматический алгоритм тестирования и быстрой обработки полученных результатов. При этом система ИИ может общаться с человеком на естественном языке и подбирать вопросы с учетом выявленных особенностей пользователя и полученных ранее ответов.

Напомним, что миварные технологии активно применяются в высшем образовании (Мивар'22, 2022; Мивар'23, 2023), например, для обеспечения индивидуальных траекторий образования и управления образовательными программами, чему посвящено достаточно много статей в РИНЦ. Также миварные технологии могут использоваться для самообразования, автоматизации различных обучающих программ в промышленности и др.

Таким образом, миварные технологии логического искусственно-го интеллекта позволяют создавать новые интеллектуальные инструменты и программные комплексы для математической психологии. Для таких комплексов необходимо иметь соответствующие базы знаний в формализме миварных сетей из правил «Если..., то».

## **Заключение**

В условиях технологической трансформации различных сфер жизнедеятельности человека роль технологий искусственного интеллекта неуклонно возрастает. Одним из дальнейших направлений развития теории и практики математической психологии видится целенаправленное и активное внедрение логического искусственного интеллекта.

Проведенный анализ теоретических возможностей и практических результатов развития миварных технологий логического искусственного интеллекта указывает на целесообразность и потенциальную эффективность его использования для интеллектуализации процессов и повышения эффективности математической психологии.

Однако в настоящее время в области психологии в недостаточной степени освоены миварные технологии логического искусственного интеллекта для создания на их основе интеллектуальных систем. Необходимо уделить особое внимание получению баз знаний (фактов и правил) для интеллектуализации математической психо-

логии с перспективой объединения отдельных баз знаний в комплексы «Больших знаний».

Показана достаточная универсальность миварных экспертных систем, а также их применение в медицине, включая пример для психодиагностики. Необходимо создавать миварные экспертные системы в математической психологии с переходом к «Большим знаниям» для интеллектуальной обработки информации и принятия решений.

Таким образом, миварные технологии логического ИИ позволяют создавать новые интеллектуальные инструменты и программные комплексы для математической психологии.

## **Литература**

*Варламов О. О.* Эволюционные базы данных и знаний для адаптивного синтеза интеллектуальных систем. Миварное информационное пространство. М.: Радио и связь, 2002.

*Варламов О. О., Чувиков Д. А., Лемонджава В. Н.* и др. Программный комплекс с поддержкой принятия решений о безопасности применения термолабильных компонентов крови // *Медицинская техника*. 2021. № 5 (329). С. 40–43.

*Калашикова А. В., Коценко А. А., Сергеев И. В.* и др. Миварная экспертная система «Психодиагностика» // *Естественные и технические науки*. 2022. № 6 (169). С. 282–290.

Мивар'22: Сборник статей. М.: Инфра-М, 2022.

Мивар'23: Сборник статей. М.: Инфра-М, 2023.

## **Application of mivar technologies logical artificial intelligence in psychology**

*O. O. Varlamov (BMSTU, Research Institute MIVAR, Moscow),*

*L. E. Adamova (RosNOU, Moscow)*

Artificial intelligence (AI) methods can be used in mathematical psychology to automate the solution of various problems. The work proposes to use new generation logical AI methods in psychology, which are called mivar technologies. A system model of the AI field is shown and the role of mivar logical AI technologies is highlighted. Mivar technologies have lifted the “curse of dimensionality” limitation for exhaustive logical inference and automatic construction of decision algorithms, since back in 2002 a method for processing “If, Then” production rules with linear complexity of logical inference was

created. This method works on mivar networks — directed bipartite graphs that combine production rules and Petri nets. For any subject areas in which knowledge can be described in the formalism of mivar networks, it is possible to create a new generation of expert systems. The sufficient universality of mivar expert systems is shown, as well as their application in medicine, including an example for psychodiagnostics. It is necessary to create mivar expert systems in psychology with the transition to “Big Knowledge” for intellectual processing of information and decision making.

*Keywords:* psychology, diagnostics, mivar, mivar expert systems, logical artificial intelligence, mivar technologies, Big Knowledge, education.

# ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ОБЪЯСНИМОГО ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА К МОДЕЛЯМ ДИАГНОСТИКИ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛИЧНОСТИ<sup>1</sup>

*А. С. Панфилова (Институт психологии РАН, Москва)*

panfilovaas@ipran.ru

Исследование посвящено анализу результатов применения объяснимых методов искусственного интеллекта к обученной модели предсказания уровня креативности по тесту Урбана. Выборка данных представлена 1823 отсканированными изображениями. Показано, что обученная на базе MobileNet модель осуществляет прогноз с точностью 0,79, а результаты применения метода Grad-CAM демонстрируют зоны активации, которые могут быть интерпретированы в соответствии с экспертными критериями оценки в рамках теста Урбана.

*Ключевые слова:* тест Урбана, оценка креативности, машинное обучение, объяснимый ИИ.

## **Введение**

Развитие методов диагностики психологических свойств личности на современном этапе связано с применением методов глубокого обучения, анализом текстовых данных, видео- и аудиозаписей. Успех нейросетевого подхода связан с сочетанием эффективных алгоритмов обучения и пространством параметров модели, которое определяется множеством слоев и миллионами характеристик, что ведет к рассмотрению глубоких нейронных сетей как «черных ящиков». Противоположностью являются методы математического моделирования, которые обеспечивают прямое понимание механизма, которым оперирует модель. Можно предположить, что чем эффективнее система принятия решения, тем она менее прозрачна. Это верно в том смысле, что в некоторых отраслях действительно существует компромисс между эффективностью модели и ее прозрачностью. Однако улучшение

---

<sup>1</sup> Исследование выполнено при поддержке РФФ, проект № 23-18-01059.

ние понимания принципов работы системы может привести к коррекции ее недостатков. Так, при разработке модели машинного обучения принятие во внимание ее объяснимости в качестве дополнительной задачи может улучшить ее реализацию по трем причинам.

1. Интерпретируемость делает возможным выявление bias (сдвига) в обучающих данных.
2. Интерпретируемость способствует обеспечению устойчивости, демонстрируя потенциальные негативные влияния, которые могут вызывать изменения в прогнозе.
3. Интерпретируемость также свидетельствует о том, что модель опирается на релевантные признаки в своем прогнозе.

Таким образом, проблема «объяснимости» ИИ представляется крайне актуальной, ее разработка представлена в большом объеме публикаций и их обзоров. Эта проблема внутренне присуща всей предметной области применения подобных технологий, которая в англоязычной литературе получила название explainable AI (XAI) (Abedin, 2022).

В литературе проводится четкое различие между моделями, которые интерпретируемы по своему дизайну, и моделями, которые могут быть объяснены с помощью внешних техник объяснимого ИИ. Рассматривают три уровня прозрачности моделей: алгоритмическая прозрачность, декомпозиционность, возможность симуляции (Angelov et al., 2021). Среди post-hoc техник различают: текстовые объяснения, визуализации, локальные объяснения, объяснения на примере, объяснения на зашумлении и преобразовании признаков (Guidotti et al., 2018). К интерпретируемым по своей структуре относятся следующие алгоритмы (Abedin, 2022):

- линейная/логистическая регрессия;
- деревья решений;
- метод k-ближайших соседей;
- байесовские модели.

В самом общем виде под объяснимым ИИ в настоящее время понимается ИИ, способный представить некоторой целевой аудитории данные о деталях своего функционирования и принятии решений в форме, позволяющей ясно и легко интерпретировать их смысл.

Существующие решения в области распознавания изображений позволяют создавать модели диагностики креативности с использова-

нием материалов рисуночных тестов, однако остается актуальным вопрос интерпретации механизма работы обученной модели и выявления признаков, на которые опирается модель в своем прогнозе. Использование CNN (convolutional neural networks) — один из самых эффективных подходов в задачах распознавания и сегментации изображений. Модели, решающие данные задачи, содержат набор сверточных слоев, pooling-слоев и завершаются некоторым количеством полносвязных слоев для трансформации данных в оценки. Существующие подходы к пониманию механизма работы обученных моделей с подобной структурой разделяются на две категории: 1) объяснение работы модели через модификацию входного изображения и анализ степени влияния на выходной результат для определения наиболее релевантных частей входного изображения; 2) методы, которые заключаются в попытке проанализировать работу вложенных слоев в общем плане, а не в частном. Также можно использовать подход Layer-wise Relevance Propagation, позволяющий оценить влияние каждого пикселя на выход модели и построить тепловую карту, удобную для интерпретации человеком. Последующее развитие методов визуализации привели к созданию Grad-CAM (Gradient-weighted Class Activation Mapping), который использует данные о градиентах финального сверточного слоя, подсвечивая соответствующие области. Также ко второму подходу можно отнести Deep Generator Network, которая генерирует наиболее репрезентативное изображение для выходных слоев.

### **Данные и методы**

В исследовании приняли участие 1823 испытуемых в возрасте от 6 до 45 лет ( $\text{Mean}_{\text{age}}=15,9$ ;  $\text{SD}_{\text{age}}=3,6$ ; 39% мужчин). Выборка включает учащихся общеобразовательных школ и студентов высших учебных заведений. Анализ производился только для формы А теста. Бланки были оценены экспертами в соответствии с инструкцией. Далее бумажные бланки были отсканированы. В рамках теста испытуемому предлагается завершить незаконченный рисунок в свободной форме с помощью простого карандаша без использования линейки, ластика или других подручных средств. На бланке теста изображено шесть объектов — точка, полукруг, волнистая линия, прямой угол, пунктирная линия, заключенные в большую рамку, и незавершенный квадрат, находящийся за пределами рамки. Оценка теста осуществляется по 14 категориям (Urban, 2004).

1. Продолжения (Cn): любое использование, продолжение или расширение шести данных фигуральных фрагментов.
2. Завершение (Km): любые дополнения, сделанные к использованным, продолженным или расширенным фигурным фрагментам.
3. Новые элементы (Ne): любая новая фигура, символ или элемент.
4. Соединения, осуществляемые линией (Sl) между тем или иным фигурным фрагментом или фигурой.
5. Соединения, образующие тему (Cth): Любая фигура, вносящая вклад в композиционную тему или «гештальт».
6. Нарушение границ, зависящее от фрагмента (Bfd): любое использование, продолжение или расширение «маленького открытого квадрата», расположенного за пределами квадратной рамки.
7. Нарушение границ, независимое от фрагмента (Bfi).
8. Перспектива (Pe): любой выход из двумерности.
9. Юмор и эмоциональность (Xu): любой рисунок, вызывающий юмористическую реакцию, демонстрирующий привязанность, эмоции или сильную выразительную силу.
10. Нестандартность, a (Uc, a): любая манипуляция с материалом.
11. Нетрадиционность, b (Uc, b): любые сюрреалистические, вымышленные и/или абстрактные элементы или рисунки.
12. Нетрадиционность, c (Uc, c): любое использование символов или знаков.
13. Нетрадиционность, d (Uc, d): нетрадиционное использование данных фрагментов.
14. Скорость (Sp): распределение очков сверх определенного лимита в зависимости от времени, затраченного на создание рисунка.

Каждая шкала оценивается в диапазоне от 0 до 6 баллов. Согласно руководству к тестовой методике, принято оценивать только общий показатель теста Урбана (сумму баллов), так как тест призван определить общий уровень креативности.

Предобработка анализируемых изображений включает отражение по вертикали и горизонтали, поворот на 55 градусов, а также случайное изменение контраста, яркости и насыщенности. В качестве предобученной модели использовалась модель MobileNet, содержащая в качестве классификатора полносвязный слой, размерность выхода которого изменена на 1.

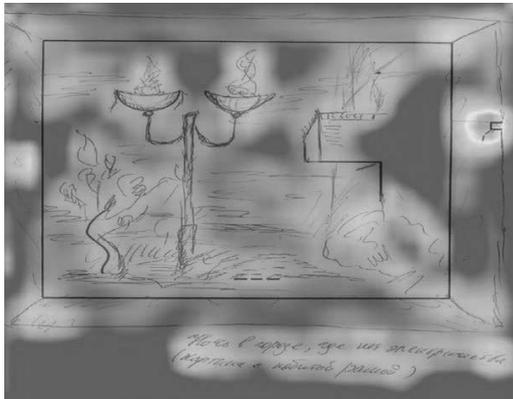
С точки зрения методов объяснимого искусственного интеллекта выбран метод Grad-CAM, который является наиболее сбалансированным с точки зрения требуемых вычислительных ресурсов и реализо-

ван в ряде библиотек (Gildenblat and contributors, 2021). Метод опирается на идею, согласно которой полностью связанные слои теряют часть пространственной информации, которая при этом сохраняется в последовательных сверточных слоях. Таким образом, можно предполагать, что последние сверточные слои модели содержат данные высокого уровня, например, специфичную для конкретного класса, но при этом сохраняют пространственную информацию. Актуален вопрос определения слоя, к которому планируется применить метод Grad-CAM в рамках конкретной модели. В используемой нами модели MobileNet это последний слой активации.

## Результаты

Модель обучалась 50 эпох, максимальная точность прогноза на тестовой выборке составила 0,76% (процент объясняемой дисперсии). В результате применения метода Grad-CAM возможно визуализировать области изображения, которые в значительной степени повлияли на прогноз модели. Мы предлагаем рассмотреть изображения с уровнем креативности выше среднего и ниже среднего из тестовой выборки в попытке соотнести экспертные баллы по критериям и области, которые демонстрируют наибольшее влияние на прогноз модели по рисунку.

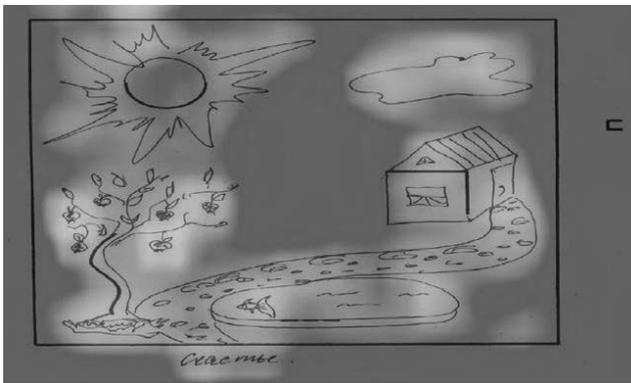
Пример рисунка (рисунок 1), набравшего 44 балла, согласно экспертной оценке, и такую же оценку, согласно модели.



**Рис. 1.** Результат применения Grad-CAM к обученной модели для рисунка испытуемого с уровнем креативности выше среднего

На данном рисунке изображен типичный сюжет, который получил, согласно экспертной оценке, максимальный баллы по критериям 1, 2, 4–7, а также балл 0 по критериям 3, 10–12. С точки зрения зон активации выделяются области, которые выходят за границу рисунка, в особенности рамка, что создает перспективу. Отдельно выделяется незаконченный квадрат в правой части, который респондент вписал в рисунок, для которого представлен отдельный критерий № 6. Обращаем внимание на то, что при отсутствии использования данного элемента в рисунке он не подсвечивается как значимая область. Также выделяются лампы в верхней части рисунка, так как в этой области респонденты в основном ничего не изображают, используя полукруг слева как солнце. В данной работе мы видим представление данного элемента в качестве элемента уличного фонаря и, соответственно, новое использование пространства. Дерево, расположенное в левом нижнем углу, для которого базовый элемент представлен волнистой линией, представляет собой пример с одной стороны тривиального использования элемента, однако детализация и связь с остальными частями рисунка за счет штриховки позволяет добавить баллы к экспертной оценке по соответствующим критериям. Название рисунка, которое придумал респондент, также выделено в качестве значимой области и влияет на экспертную оценку по критерию 5, что способствует формированию темы рисунка при незначимости его содержания.

Пример рисунка (рисунок 2), набравшего 31 балл, согласно экспертной оценке, и аналогичную оценку, согласно модели.



**Рис. 2.** Результат применения Grad-CAM к обученной модели для рисунка испытуемого с уровнем креативности ниже среднего

На данном рисунке изображен типичный сюжет. Согласно экспертной оценке, данная работа получила по 5 баллов по критериям 1 и 2, так как не дополнен квадрат в правой части рисунка. На рисунке мы наблюдаем выделение областей вокруг пяти элементов, которые были дополнены, и отсутствие выделения квадрата, так как он не дополнен. Эксперт отметил 6 баллов по критерию соединения элементов для создания общей темы, к которому относятся все элементы, вносящие вклад в тему рисунка. С точки зрения значимых областей можно отметить облако и крышу дома, которые имеют наибольшие значения для модели в данном рисунке. Также эксперт отметил 4 балла по критерию 4, что с точки зрения зон активации можно интерпретировать как тропинку, которая соединяет дом и дерево с прудом. Крайне незначительное выделение наблюдается в области солнца, так как данное дополнение элемента является наиболее типовым. Значимо отмечены участки с плодами на дереве, которые являются достаточно новыми для подобных рисунков. Также дано название рисунка, которое отмечено алгоритмом и отражено в баллах респондента.

Согласно проведенному анализу рисунков, можно отметить, что зачастую зоны, отмечаемые моделью, возможно соотнести с баллами по критериям экспертной оценки, что безусловно не означает, что модель «выучила» критерии, но свидетельствует о том, что появление элементов в определенных областях рисунка, отличающихся от наиболее часто используемых, способствуют повышению балла, как и наличие области соединенных между собой элементов.

## **Обсуждение**

В рамках данного исследования обучена модель предсказания балла пользователя по тесту Урбана на базе предобученной модели MobileNet, демонстрирующая точность 0,76. Однако создание подобных моделей диагностики сопряжено с проблемой доверия к результатам их работы и пониманием деталей рисунка, на которые ориентируется модель при построении прогноза. Для преодоления данной проблемы мы применили к тестовой выборке один из методов объяснимого искусственного интеллекта Grad-Cam, который позволил соотнести выделенные алгоритмом области с баллами экспертной оценки по критериям и качественно проанализировать результаты. Качественный анализ зон активации всех изображений тестовой выборки позволяет

сделать ряд выводов: модель учитывает критерий продолжения базовых фигур, не выделяя базовые элементы, если они не включены в рисунок; критерий завершения с точки зрения модели интерпретируется как элементы, добавленные в области базовых фигур в некотором отдалении от них; критерий новых элементов отмечается как выделение моделью объектов, находящихся в областях рисунка, не связанных с базовыми фигурами (например: правый верхний угол); критерии соединения фигур с помощью линий и соединения для завершения темы выражаются в объединении фрагментов рисунка в единую область активации вследствие соединения фигур посредством различных элементов (линия, штриховка); критерий завершения квадрата в правой стороне рисунка диагностируется наилучшим образом, так как при неиспользовании данной фигуры в рисунке данная область никогда не попадает в зону активации; также алгоритм отмечает любые надписи и текстовые символы, представленные отдельным критерием.

Остальные критерии при данном подходе не могут найти своего выражения в результатах применения методов ХАИ. Однако мы считаем полученный результат достаточно прогрессивным. Можно отметить, что четкость формулировки критерия оказывает влияние на результат работы эксперта и, соответственно, модели.

Для будущих исследований можно рекомендовать привлечение ряда экспертов для оценки, а также использование сегментации изображений экспертом по различным критериям. Выделение значимых областей изображения в соответствии с критериями может позволить соотнести данные области с выделенными алгоритмом зонами. Также возможно обучать модель сегментации изображения, что, безусловно, сопряжено с проблемой ручной разметки изображений обучающей выборки в рамках различных критериев экспертной оценки.

Наиболее перспективным направлением видится использование модели на базе трансформера, обученной на рисунках от руки, которая затем может быть дообучена на данной выборке по тесту Урбана. На данный момент существует ряд датасетов подобных изображений, например: QuickDraw или TU-Berlin, на базе которых могут быть обучены модели классификации изображений, которые в дальнейшем могут быть адаптированы к текущей задаче с использованием переноса в обучении, что, безусловно, может повысить точность предсказания.

## **Литература**

- Abedin B.* Managing the tension between opposing effects of explainability of artificial intelligence: a contingency theory perspective // *Internet Research*. 2022. V. 32 (2). P. 425–453. doi: 10.1108/INTR-05-2020-0300
- Angelov P. P., Soares E. A., Jiang R., Arnold N. I., Atkinson P. M.* Explainable artificial intelligence: an analytical review // *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*. 2021. V. 11 (5). P. 1–13. doi: 10.1002/widm.1424
- Guidotti R., Monreale A., Ruggieri S., Turini F., Giannotti F., Pedreschi D.* A survey of methods for explaining black box models // *ACM Computing Surveys*. 2018. V. 51 (5). P. 93.
- Urban K. K.* Assessing Creativity: The Test for Creative Thinking-Drawing Production (TCT-DP) // *International Education Journal*. 2004. V. 6. P. 272–280. URL: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:7108509>.
- Gildenblat J.* et al. PyTorch library for CAM methods. GitHub, 2021.

## **Application of explainable artificial intelligence methods to models for diagnosing personal psychological traits**

*A. S. Panfiliva (Institute of psychology RAS, Moscow)*

The study is devoted to analyzing the results of applying explainable artificial intelligence methods to a trained model for predicting the level of creativity using the Urban test. The dataset is represented by a set of scanned forms of drawings of 1823 participants performed according to the Urban test. It is shown that the model trained on the MobileNet makes a prediction with an accuracy of 0.79, and the results of the Grad-CAM method demonstrated the compliance of the identified activation zones with the rules of expert assessment according to the Urban test.

*Key words:* Urban test, creativity assessment, machine learning, explainable AI.

# КАРТИРОВАНИЕ СТРУКТУР ЗНАНИЙ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ МЕХАНИЗМА РЕФЛЕКСИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ УЧЕБНОЙ ТРАЕКТОРИЕЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ

*В. А. Углев (ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»,  
Железногорск)*

uglev-v@yandex.ru, vauglev@sfu-kras.ru

В статье рассматривается модель представления знаний об учебной ситуации, позволяющая реализовать некоторые алгоритмы имитации рефлексивного управления индивидуальной образовательной траекторией учащегося в интеллектуальной автоматизированной обучающей системе. Для этого представление поля методических знаний и цифрового образовательного следа предлагается сформировать на базе идей прикладной семиотики и параметрических карт. Приводятся обобщенные структуры организации знаний и их включение в процесс рефлексивного управления, по В. А. Лефевру. Дополнительно рассматривается вопрос визуального сопровождения пояснений к принимаемым обучающей системой решениям, опираясь на нотации когнитивных карт диагностики знаний и метод унифицированного графического воплощения активности.

*Ключевые слова:* рефлексивное управление, интеллектуальные автоматизированные обучающие системы, принятие решений, когнитивная визуализация, картирование, прикладная семиотика.

Необходимость результативного взаимодействия человека с компьютером актуализирует реализацию функций рефлексии в интеллектуальных информационных системах. Одной из наиболее значимых областей в этом направлении является электронное обучение, реализуемое современными интеллектуальными автоматизированными обучающими системами (ИАОС). Рефлексивное взаимодействие с учащимися ориентировано как на выработку наиболее адекватных учебной ситуации решений (с учетом своих возможностей), так и на синтез обратной связи через вербальные (например, озвучиваемые виртуаль-

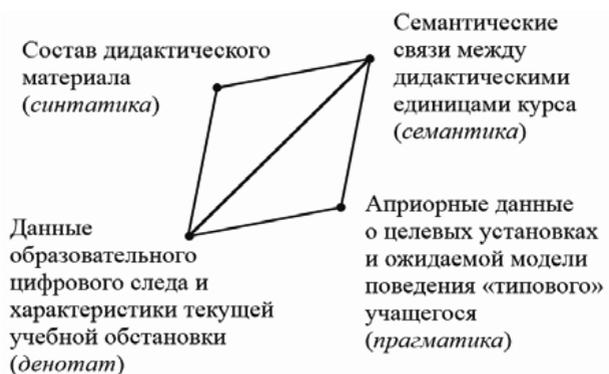
ным агентом) и невербальные (например, синтез текста и когнитивной визуализации) средства системы. Это должно позволить снизить уровень «настороженности» со стороны учащегося и больше доверять рекомендациям ИАОС. Но управление индивидуальной образовательной траекторией без выработки обоснованного и ненавязчивого мотивирующего воздействия дает обратный эффект: человек начинает выставлять психологические барьеры сразу, как возникает подозрение, что им пытаются манипулировать. Рассмотрим проблему формирования структуры знаний об учащемся, которая позволит повысить результативности выработки решений и их обоснования со стороны ИАОС, претендуя на элементы рефлексии.

Пусть имеется предметная область, для которой создан электронный учебный курс, включающий теорию, практики, контрольно-измерительные материалы. Каждый учащийся взаимодействует с курсом через интерфейсы ИАОС и оставляет там следы (протокол событий и их оценок, включая траекторию ведения диалога), которые ложатся в основу модели ученика. Имитацию процесса рефлексии (по А. А. Безяевой) ИАОС должна реализовать за счет обработки структур данных и знаний о сложившейся на текущий момент учебной ситуации (подробнее см.: Углев, 2018). Очевидно, что в процессе анализа данных следует разделять текущие значения параметров учебной ситуации  $A$ , их динамику  $A'$ , целевые показатели  $N$  и имеющееся поле знаний методического характера  $V$ , априори имеющееся в ИАОС. Тогда модель принятия решений, которая должна выдать вариант решения  $y \in Y$  и его обоснование  $\gamma(y)$ , будет описана в виде модели:

$$P = F(A, N' | Y, A', N, V) \rightarrow \langle y, \gamma(y) \rangle, \quad (1)$$

где отдельные элементы задачи принятия решения могут быть сопоставлены с компонентами решения афферентного синтеза по П. К. Анохину и В. Б. Швыркову, объединяемые в процессе имитации «предпусковой афферентации»:  $A$  соответствует обстановочной афферентации,  $Y$ ,  $A'$ ,  $N$  и  $V$  – памяти, а  $N'$  – индивидуальной мотивации. Но, так как такое представление не позволяет результативно обосновать решение в автоматическом режиме, то пересмотрим группировку данных поля знаний в виде квадрата Поспелова (см. рисунок 1) согласно положениям прикладной семиотики Д. А. Поспелова (Осипов, 2002). В качестве синтаксической совокупности знаний будут выступать множества учебных дидактических единиц ( $W$ , включая практические задания  $R$ ),

а также практические умения ( $Z$ , компетенции учебного плана). За семантику будет отвечать блок вертикальных и горизонтальных связей между указанными элементами  $D$ . А прагматика будет вносить дополнительные акценты на получившуюся структуру относительно априорных целей, ограничений учебного процесса  $Q$ , регламентируемых учебным планом для абстрактного учащегося, и возможностями ИАОС.



**Рис. 1.** Семиотическая структура учебной ситуации (квадрат Пospelова) и сочетание графовых структур данных в памяти ИАОС

Предложенный подход позволяет сформировать модель учебной ситуации в момент времени  $i$ , детализуя  $V \rightarrow \langle W, R, Z, D, Q \rangle$ . Тогда задачу (1) перепишем как операцию обработки объединенного графа  $G$  относительно денотата  $S$ :

$$P_i = F(S|(G_D(W, Z, R, Q) \xrightarrow{map} \gamma(y)), \quad (2)$$

где  $S$  – объединение данных из  $A$  и  $N'$ , т. е. отражение индивидуальных целевых параметров учащегося и совокупности данных из его цифрового образовательного следа (модели ученика). Такая постановка задачи позволяет, как отмечал Г. С. Осипов, наделить «знаковые системы свойством рефлексии, реализовать с помощью семиотических представлений процедуры моделирования и управления» (Осипов, 2002), опираясь на сформированную структуру поля знаний. Например, на рисунке 2 приведен пример графов  $W$  и  $Z$  (иерархические связи, черный цвет), объединенных через  $R$  (ребра красного цвета) и дополненных семантическими зависимостями (ребра зеленого цвета).

Но так как в момент анализа реальной учебной ситуации  $P_i$  значимых элементов много (сотни), то для ускорения принятия решений планировщиком ИАОС их следует концентрировать. Эту функцию выполняет параметрическая карта *map*: сначала как структура знаний при выработке  $y$  в памяти системы, а затем как визуализированный образ для обоснования  $\gamma(y)$ .

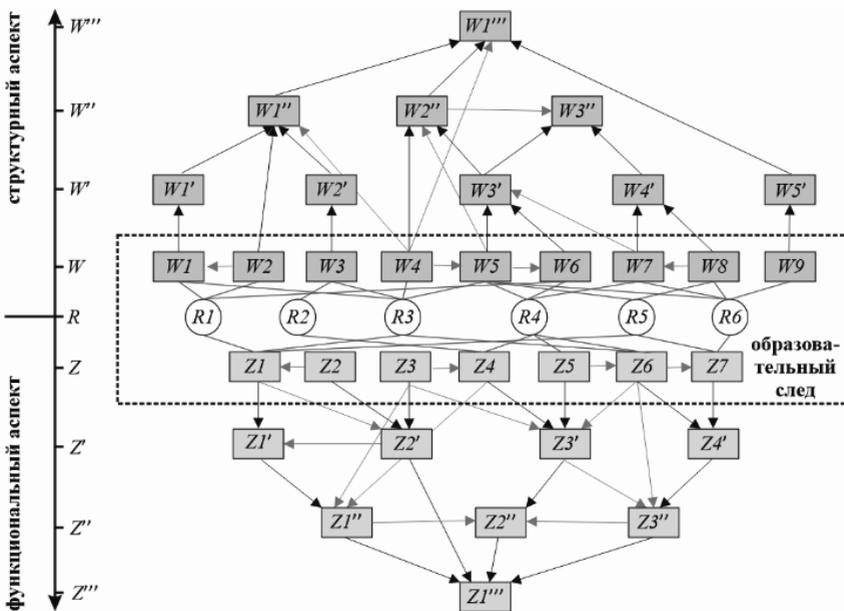
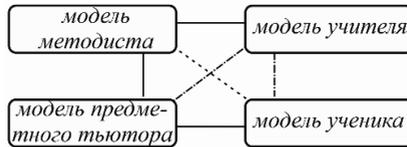


Рис. 2. Семиотическая структура учебной ситуации (квадрат Поспелова) и сочетание графовых структур данных в памяти ИАОС

Решение различных задач, возникающих в процессе функционирования ИАОС, вызывает необходимость не только в выделении аспекта анализа учебной ситуации (например, знаниевый, целевой, компетентностный и пр.), но и фиксации различных точек зрения (модели учащегося, учителя, методиста и предметного тьютора). Если немного упростить описание, то в основу каждой из этих моделей можно поставить подграфы:  $S$  для модели ученика,  $WUQ$  – методиста,  $WURUZUQ(S)$  – модели учителя, а критический результат их частных решений и поиск компромисса – модели предметного тьютора. Для формализации

взаимодействия моделей мы частично использовали подход рефлексивных игр В. А. Лефевра (Лефевр, 2009). Схема взаимодействия сущностей в памяти ИАОС приведена на рисунке 3 (Углев, 2018). Этот подход позволяет сделать логику методических решений (2) в ИАОС «прозрачной» для человека-учащегося, если он инициировал разъясняющий диалог  $\gamma(y)$ .



**Рис. 3.** Представление «конфликта» целей для моделей в ИАОС, имитирующей рефлексию.

Сплошная линия – союз, пунктирная – конфликт интересов, точка-пунктирная – переменные отношения

Выработка методических решений в ИАОС, организованная по описанному выше принципу, происходит по следующим этапам: обобщение информации → отображение через разные точки зрения → компоновка в параметрическую карту → комплексный анализ на разных уровнях → принятие решения (схема сквозного подхода – Uglev, Sychev, 2022). Наличие в модели учащегося информации о его индивидуальных целях и предпочтениях позволяет применять методы рефлексивного управления (например, манипулирование через изменение порядка значимости – Лефевр, 2002). Для этого требуется реализовать механизм пояснения текущих решений системы (с нужными для целей управления акцентами) и сконцентрировать эту информацию, воспользовавшись средствами когнитивной визуализации.

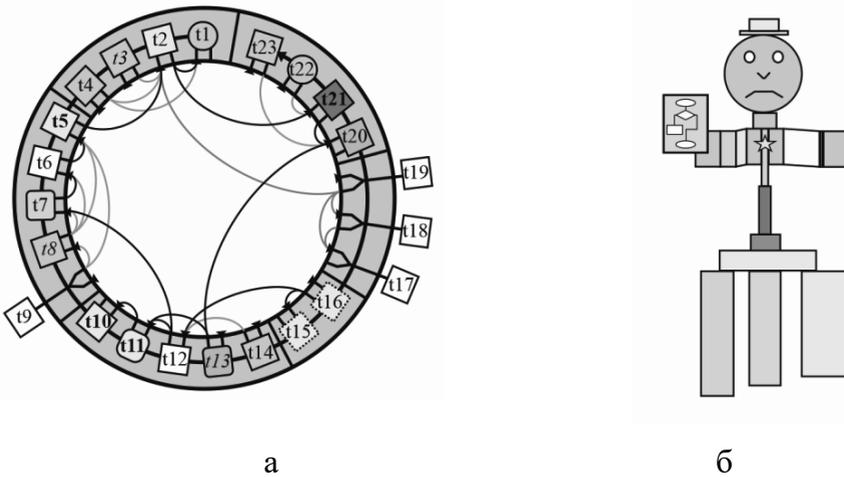
Визуальное картирование учебной ситуации *тар* из (2) с выделением акцентов позволяет концентрировать информацию и повышать результативность ее восприятия. Предложим структурную и функциональную нотации: за первую будет отвечать когнитивная карта диагностики знаний (как развитие когнитивных карт Толмена и теории графов), а за вторую – метод унифицированного графического воплощения активности (как развитие метода лиц Чернова).

На когнитивную карту диагностики знаний отображается структура знаний об учебной ситуации для определенного масштаба и аспекта, опираясь на синтактику  $W$  (Uglev, Sychev, 2022). Акценты рас-

ставляются при помощи цвета, выделения ключевых элементов, связей между ними, текстовых обозначений. На рисунке 4а приведен пример отображения учебной ситуации для одного из учащихся (магистрант СФУ первого курса): показана семестровое распределение тем дисциплин и их семантические связи, на которые наложены данные из цифрового образовательного следа в знаниевом аспекте.

Картирование в виде антропоморфного образа в нотации унифицированного графического воплощения активности происходит в результате отображения структуры знаний об учебной ситуации в функциональном (прагматика) аспекте Z (Uglev et al., 2022). Размерами отдельных элементов образа закодированы априорные данные о компетентностной характеристике учебного плана, а цветовой окраской – данные из следа об учебной ситуации. На рисунке 4б приведены оценки знаниевого аспекта по текущему семестру того же студента, что и на рисунке 4а.

Нами проведено обобщение данных по эксперименту в учебном процессе групп студентов магистратуры СФУ (специальность «Информатика и вычислительная техника») за 2021–2022 г. (ibid.). Как показала практика пробного применения экспериментальной ИАОС, наличие визуализации и лично-значимой аргументации в тек-



**Рис. 4.** Картирование учебной ситуации с помощью метода когнитивных карт диагностики знаний (а) и метода унифицированного графического воплощения активности (б)

те диалога повышает результативность следования учащимися рекомендациям ИАОС (в основном через манипулирование порядком значимости по В. А. Лефевру).

Имитация рефлексивного поведения планировщиком интеллектуальной автоматизированной обучающей системы позволила не только сделать диалог между учащимся и системой более содержательным, но и добавила в него аргументированную информацию для последующей работы.

## **Литература**

*Лефевр В. А.* Лекции по теории рефлексивных игр. М.: Когито-Центр, 2009.

*Осинов Г. С.* От ситуационного управления к прикладной семиотике // *Новости искусственного интеллекта.* 2002. № 6. С. 3–7.

*Углев В. А.* Базовая модель процессов рефлексии в интеллектуальных автоматизированных обучающих системах // *Математические структуры и моделирование.* 2018. № 1. С. 111–121.

*Uglev V., Sychev O.* Evaluation, comparison and monitoring of multiparametric systems by unified graphic visualization of activity method on the example of learning process // *Algorithms.* 2022. V. 15 (12). P. 468. doi: 10.3390/a15120468

*Uglev V., Sychev O., Gavrilova T.* Cross-cutting support of making and explaining decisions in intelligent tutoring systems using cognitive maps of knowledge diagnosis // *Intelligent Tutoring Systems.* V. 13284. Cham: Springer, 2022. P. 51–64. doi 10.1007/978-3-031-09680-8\_5

## **Mapping of knowledge structures for the implementation of the mechanism of reflexive management of the learning trajectory of users of tutoring systems**

*V. A. Uglev (Siberian Federal University, Zheleznogorsk)*

The article considers a model of knowledge representation about the educational situation, which allows to implement some algorithms of simulation of reflexive control of individual educational trajectory of a student in an Intelligent Tutoring Systems. For this purpose, the representation of the field of methodological knowledge and the digital educational footprint is proposed to be formed on the basis of the ideas of applied semiotics and parametric maps. Generalized

structures of knowledge organization and their inclusion in the process of reflexive management according to V. A. Lefevre are given. Additionally, the issue of visual accompaniment of explanations to the decisions made by the training system is considered, based on the notation of Cognitive Maps of Knowledge Diagnosis and the Unified Graphic Visualization of Activity method.

*Key words:* reflexive management, Intelligent Tutoring Systems, decision-making, cognitive visualization, mapping, applied semiotics.



**СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ  
МЕТОДЫ АНАЛИЗА ДАННЫХ  
В ПСИХОЛОГИИ**



# К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ПСИХОСЕМАНТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ<sup>1</sup>

*О. В. Митина (МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва)*

omitina@inbox.ru

*В. Ф. Петренко (МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва)*

victor-petrenko@mail.ru

Рассматриваются способы анализа и интерпретации психосемантических данных. Представлены ряд количественных показателей, которые могут быть вычислены на базе полученного в ходе психосемантического исследования массива, имеющего трехмерную структуру. Рассматривается конкретный пример психосемантического исследования с интерпретацией количественных показателей.

*Ключевые слова:* психосемантика, индивидуальные различия, когнитивная сложность, эмпирические исследования, атрибутивная мотивационная матрица, структура мотивации, самоуправление, ценностные ориентации, пандемия COVID-19.

Психосемантические методы достаточно популярны среди отечественных исследователей. В рамках развития психосемантического подхода неоднократно была обоснована высокая достоверность, надежность, эффективность использования психосемантических методик для исследования содержания сознания, в том числе и на глубинном, труднорефлексируемом уровне. Психосемантические методики в большей степени свободны от психологических защит и неискренности респондентов и в то же время позволяют получить эмпирические данные, подлежащие строгому количественному анализу.

В большинстве психосемантических исследований схема опроса такова, что каждый из  $K$  респондентов  $P_1, \dots, P_k$  оценивает множество объектов  $O_1, \dots, O_l$  по  $J$  первичным шкалам  $V_1, \dots, V_j$ , т. е. ответы одного респондента имеют двумерную структуру. В результате данные группиру-

---

<sup>1</sup> Исследование выполнено при поддержке РНФ, проект № 21-18-00624.

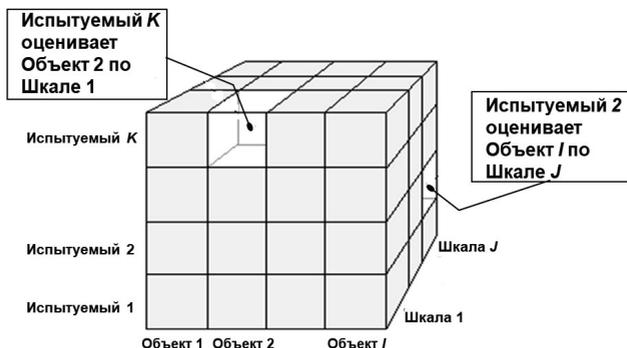


Рис. 1. 3-D структура психосемантических данных

ются в трехмерный массив «куб данных»: *испытуемые*×*объекты*×*шкалы* (рисунок 1).

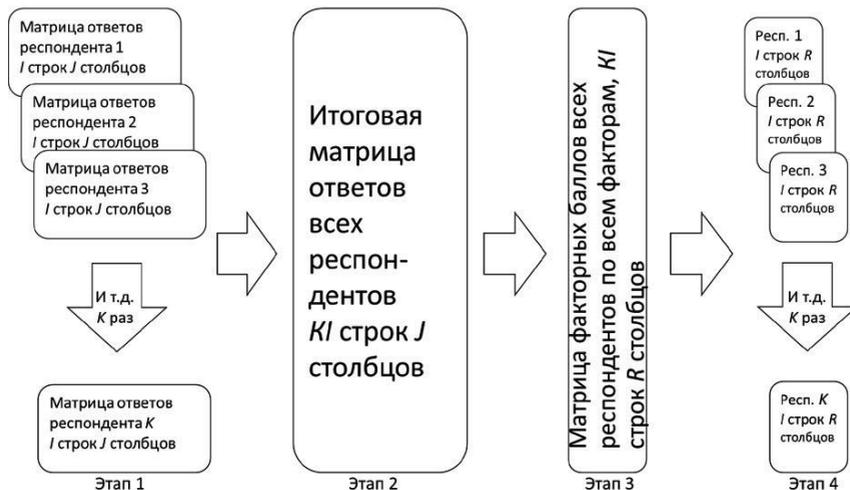
Каждому испытуемому  $P_k$  соответствует двумерный срез, в котором каждый объект  $O_i$  реализуется как  $J$ -мерный вектор:  $\langle x_{ki1}, x_{ki2}, \dots, x_{kiJ} \rangle$ . Значения координат этого вектора и есть оценки, которые дал респондент  $P_k$  объекту  $O_i$  по  $J$  первичным шкалам.

### Правила вычисления показателей

3-D массив данных предоставляет исследователю большие возможности для получения различных количественных показателей. Общие принципы подготовки трехмерных данных для анализа и некоторые возможности обработки нами описывались ранее (Митина 2015), здесь мы приведем ряд интегральных показателей для каждого респондента, которые могут быть вычислены, исходя из заполненной им матрицы, и рассмотрим реальный эмпирический пример.

Как указывалось (Митина 2015), наиболее доступным способом представления трехмерных данных с точки зрения возможностей их обработки психологом уровня бакалавра, умеющим работать со стандартным статистическим пакетом (например SPSS) и при этом эффективным с точки зрения получаемых количественных мер, является способ, где каждый оцененный одним респондентом объект является отдельным наблюдением. Таким образом, табличная анкета, заполненная одним респондентом, представляется как набор из  $I$  строк и  $J$  столбцов. Если записать матрицы, содержащие ответы всех испытуемых, одну

под другой. Число столбцов равно числу шкал  $J$ , а число строк (наблюдений) будет равно  $KI$  (число респондентов, умноженное на количество объектов) (см. рисунок 2).



**Рис. 2.** Схема обработки данных психосемантического исследования.

Этапы обработки: 1) ввод индивидуальных матриц ответов  $K$  респондентов, каждая из которых имеет  $J$  столбцов и  $I$  строк; 2) индивидуальные матрицы ответов респондентов объединяются в общую матрицу данных с таким же количеством столбцов и числом строк, равным  $KI$ ; 3) факторизация общей матрицы данных с выделением  $R$  факторов,  $J \gg R$ ; 4) разделение общей матрицы факторных баллов имеющих  $KI$  строк и  $R$  столбцов на  $K$  матриц, каждая из которых имеет  $R$  столбцов и  $I$  строк и соответствует «своему» респонденту

Далее полученный массив может быть использован для обработки факторным анализом, в результате которого первичные шкалы (общие для всей выборки респондентов) группируются в более емкие категории-факторы, также универсальные для всей выборки, а оценки, данные респондентом  $P_k$  каждому объекту  $O_i$  по первичным шкалам, пересчитывают в факторные баллы  $z_{kir}$ , которые получает объект  $O_i$  у респондента  $Pk$  по фактору  $F_r$ ,  $r=1, \dots, R$ .

На основании факторных баллов можно строить обобщенное семантическое пространство: размещать образы объектов на основании оценок, данных респондентами, по факторам (осям-категориям

семантического пространства) в семантическом пространстве этих факторов.

Можно также определять индивидуальные различия между респондентами. Например, усредненная оценка всех объектов по какому-то фактору  $r$  у одного респондента  $k$  может интерпретироваться как уровень индивидуальной выраженности конструкта, задаваемого данным фактором (1).

$$M_{kr} = \frac{\sum_{i=1}^I z_{kir}}{I} \quad (1)$$

Мы исходим из того, что человек, оценивая объекты по какому-то показателю, в определенной степени проецирует свое собственное состояние по этому показателю.

Другой показатель – дисперсия оценок объектов по фактору (2).

$$\sigma_{kr}^2 = \frac{\sum_{i=1}^I (z_{kir} - M_{kr})^2}{I-1} \quad (2)$$

Мы можем предположить, чем больше разброс оценок, тем более дифференцированно подходит респондент  $k$  к оценке имеющихся объектов по категории, задаваемой фактором  $r$ . Соотношение этих двух показателей: усредненного факторного балла и дисперсии – позволяет говорить о соотношении индивидуальной выраженности конструкта, задаваемого фактором, и представленности этого фактора в сознании респондента как операционального (см. таблицу 1). Выраженность показателя  $M_{kr}$  при низкой дисперсии свидетельствует об обладании качеством, которое, скорее всего, слабо осознается респондентом. Высокая дисперсия при низком среднем балле может свидетельствовать о значимости данного конструкта как операционального, служащего для различения объектов оценки. Эта значимость может осознаваться, а может проявляться «в режиме употребления» (Петренко, 2010).

Таким образом, для каждого фактора, выделенного на общем для всей выборки массиве данных, для конкретного респондента определяются средний показатель и дисперсия всех факторных баллов множества объектов, оцененных этим респондентом.

Полученный массив данных можно переструктурировать и в качестве единичного наблюдения рассматривать оценки, данные каким-то респондентом всем объектам по одной фиксированной первичной шкале. Тогда число столбцов будет равно числу объектов  $I$ , а число строк будет равно  $KJ$ . Объединенные в результате факториза-

**Таблица 1**

Схема интерпретации отношения респондента к конструкту, задаваемому фактором, в зависимости от значения среднего и дисперсии по этому конструкту

		Среднее $M$	
		Высокое	Низкое
Дисперсия $\sigma^2$	Высокая	Важный и отрефлексированный конструкт	Важность конструкта как операционального, служащего для различения объектов оценки. Эта важность может осознаваться, а может проявляться «в режиме употребления»
	Низкая	Выражено качество, которое слабо осознается респондентом	Не актуальный конструкт («Конструкт не моего сознания»)

ции объекты в зависимости от своего психологического смысла образуют типы и другие обобщения понятий, идеологем, значений. Соответственно, факторные баллы приписываются первичным шкалам; среднее и дисперсия по факторным баллам вычисляются для каждого латентного класса объектов.

Еще один интегральный показатель, который вычисляется на основе общей структуры матрицы ответов, характеризует когнитивные особенности респондента. Показатель называется «когнитивная сложность» и отражает дифференцированность сознания респондента в предметной области, задаваемой оцениваемыми объектами и первичными шкалам. Существуют различные способы вычисления этого показателя (Петренко и др., 2019). Все они между собой очень сильно коррелируют. Мы в данном случае будем использовать наиболее просто вычисляемый: факторная когнитивная сложность:

$$КС_{\phi} = 1 - \sigma_1^2 \quad (3)$$

$\sigma_1^2 \in [0; 1]$  – вклад первого фактора в общую дисперсию в бесповоротном факторном решении (без вращения факторов) при обработке индивидуальной матрицы ответов методом главных компонент.

Высокая когнитивная сложность характеризует людей, хорошо знакомых с предметной областью, связанной с конструктами, задаваемыми психосемантическим опросником (первичными шкалами и объектами). При этом данная предметная область значима для таких

людей, причем эта значимость может проявляться не только в режиме осознанного порождения или рефлексии, но и в режиме операциональном, при практическом использовании. Отметим, что когнитивная сложность является не тотальной, а предметно-специфической характеристикой: можно иметь высокую когнитивную сложность в области русской литературы и ничего не понимать в автомобилях. Можно очень хорошо дифференцировать автомобили и плохо разбираться в людях. Таким образом, когнитивная сложность показывает, насколько дифференцированно респонденты оперируют первичными шкалами при оценке объектов.

### **Пример эмпирического исследования**

Рассмотрим конкретный пример. Эмпирическое психосемантическое исследование было проведено в Ташкенте в конце 2020—начале 2021 г. (Митина и др., 2022).

Использовались следующие методики:

1. Психосемантическая атрибутивная методика, которая включает 20 первичных шкал, мотивационных конструкторов, и 12 суждений о поведении людей и действиях государственных и общественных институтов в условиях пандемии COVID-19 и отношении к ней. Респонденты должны были указать, в какой степени каждый мотивационный конструктор определяет действия, описанные в том или ином суждении (Митина и др., 2022).
2. Методика самоуправления (SSI) Ю. Куля, адаптированная для русскоязычных респондентов (Митина, Рассказова, 2019).
3. Методика диагностики ценностных ориентаций Ш. Шварца (PVQ-R) (Шварц и др., 2012).

В исследовании приняли участие 76 респондентов (38 мужчин и 38 женщин) в возрасте от 18 до 33 лет ( $M=23,6$ ,  $SD=2,9$ ). В дальнейшем из массива для анализа были исключены матрицы двух мужчин (оценки всех объектов по всем первичным шкалам совпадали внутри каждой матрицы). Среди оставшихся 74 человек 64% респондентов в возрасте до 23 лет, 36% от 24 лет и старше.

На первом этапе анализа данных мотивы выступали в качестве первичных переменных. Была проведена факторизация массива данных, имеющего  $74 \times 12 = 888$  строк и 20 столбцов. Факторы были выделены методом главных компонент с применением косоугольного

вращения облимин и отобраны с использованием критерия Кайзера. В результате обработки было выделено 4 однополюсных фактора (см. таблицу 2).

Таким образом, второй и третий факторы отражают внутреннюю мотивацию, а безопасность и недоверие оттесняют исходные мотивы.

**Таблица 2**

Категории-факторы семантического мотивационного пространства, построенного по результатам опроса

Вклад в общую дисперсию в %	Семантика фактора (мотивационные конструкты имеющие наибольшие факторные нагрузки)	Суждения, имеющие максимальные факторные баллы
1. Безопасность		
41,2	Стремление к избеганию угроз жизни и здоровью, стремление защитить себя и своих близких	Необходимость детального ознакомления со всей доступной информацией относительно COVID-19, соблюдения всех требований общественной санитарной безопасности, соблюдения мер социальной дистанции
2. Социальные связи		
10	Стремление к взаимодействию с другими людьми, поддержание близости с ними, сохранение или достижение влияния, включенность в социальные общности, подчинение их требованиям	Необходимость выработки системы социальных правил и норм, регулирующих и позволяющих государству контролировать жизнь социума
3. Самодетерминация		
8,9	Стремление к автономии, ориентации на себя и концентрации на собственных задачах (на индивидуальном уровне)	Отношение к пандемии как социальной ситуации, позволяющей создать новые возможности для самореализации, самораскрытия. На противоположном полюсе самодетерминации оказалась необходимость религиозной покорности
4. Недоверие		
5,3	Неверие людей в способность и желание властей действительно противостоять пандемии	Суждение получившие максимальные баллы по этому фактору связаны с подозрительностью, недоверием к власти, СМИ

На следующем шаге для каждого респондента по каждому фактору были определены средние и дисперсии факторных баллов по всем мотивам, атрибутируемым суждениям. Было вычислено 9 показателей (когнитивная сложность, средние и дисперсии факторных баллов по каждому фактору). Все показатели оказались нормально распределенными величинами по критерию Колмогорова—Смирнова, что подтверждает психологическую осмысленность показателей и их репрезентативность.

Более молодые женщины (в возрасте не старше 23 лет, 22 чел.) продемонстрировали более высокую когнитивную сложность по сравнению с женщинами более взрослыми (старше 24 лет, 16 чел.) (по критерию Мана—Уитни). Этот факт мы объясняем большей гибкостью молодых респонденток. Обычно они еще не вступили в брак и на них не давит груз ответственности за здоровье своих близких. Именно это давление мешает более взрослым, создавшим семью, имеющим детей женщинам рассматривать различные альтернативы в мотивации поведения в условиях пандемии. Меры, предлагаемые государством, с одной стороны, а с другой — социальные традиции и нормы не оставляют им выбора. По всем остальным показателям половозрастных различий не выявлено.

В опросник также были включены ряд пунктов социально-демографического характера, фиксировавшие уровень образования респондента, переболел ли респондент COVID-19 или нет и в какой форме, тип семьи, в которой респондент оставался в период карантина. Именно ответ на последний пункт дал значимые различия по ряду интересующих нас показателей.

Респонденты, прошедшие карантин в расширенной семье (27 чел.), имеют более высокие показатели по факторам безопасности и самодетерминации (использовался критерий Краскела—Уоллиса) по сравнению с теми, кто был в нуклеарной семье (39 чел.), а также с друзьями или в одиночестве (8 чел.). Исходя из того, что мотив, актуальный для респондента, в большей степени атрибутируется оцениваемым объектам, усредненный показатель факторных баллов оцениваемых объектов (в данном случае суждений) может служить мерой актуализированности данного мотива.

Респонденты, жившие в это непростое время в кругу большого числа родственников разных поколений, в том числе пожилых, в большей степени беспокоились об их здоровье по сравнению с теми, у кого эти пожилые родственники (бабушки и дедушки) оставались на попече-

нии кого-то другого и, если присутствовали в жизни, то виртуально. Что касается выраженности самодетерминации, то можно предположить, что в такой ситуации тяжелой и в социальном, и в экономическом, и психологическом планах людям в больших семьях в гораздо чаще приходилось совершать выборы, в том числе экзистенциально-го порядка.

В таблице 3 представлены корреляции между показателями средних и дисперсий факторных баллов четырех факторов, а также между средними значениями и дисперсиями по каждому фактору. В верхнем треугольнике указаны корреляции между средними показателями, в нижнем – между дисперсиями, на главной диагонали стоят корреляции между средними и дисперсиями одноименных факторов.

**Таблица 3**  
Корреляции между показателями средних  
и дисперсий факторных баллов четырех факторов

Фактор	1. Безопасность	2. Социальные связи	3. Самодетерминация	4. Недоверие
1. Безопасность	– 0,33**	0,50**	0,71**	0,46**
2. Социальные связи	0,42**	0,04	0,63**	0,49**
3. Самодетерминация	0,27*	0,25*	–0,14	0,45
4. Недоверие	0,27*	0,32**	0,40**	0,31**

*Примечание:* \* –  $p < 0,05$ ; \*\* –  $p < 0,01$ .

Все корреляции вне диагонали значимы  $p < 0,05$  и положительные. Положительные корреляции между средними значениями в верхнем треугольнике таблицы 3 интерпретируются таким образом, что более высокие оценки респондента по одному фактору связаны с более высокими оценками того же респондента и по другому фактору. Положительные корреляции между дисперсиями в нижнем треугольнике таблицы, в свою очередь, означают, что более дифференцированные оценки по одному фактору связаны с их большей дифференцированностью и по другим факторам.

Различные коэффициенты корреляции в ячейках главной диагонали таблицы 3 свидетельствуют о различиях в связях средних значений и дисперсий факторных баллов между факторами. Для первого фактора корреляция отрицательная: люди, которые ставят более вы-

сокие баллы по безопасности, в меньшей степени дифференцируют свои оценки. Тотальное чувство тревоги и страха за здоровье и жизнь свою и своих близких накладывают отпечаток на все оценки. Другая ситуация с фактором недоверия. Люди, имеющие более высокий показатель по фактору недоверия, возможно, обладая более критическим мышлением, проявляют и связанную с этой характеристикой дифференцированность в оценках. Эту гипотезу подтверждает и тот факт, что показатель когнитивной сложности значимо положительно коррелирует именно со средним ( $r=0,235$ ,  $p=0,04$ ) и дисперсией ( $r=0,312$ ,  $p=0,007$ ) по фактору недоверия.

По двум оставшимся факторам корреляции между средними и дисперсиями статистически не значимы.

### **Корреляции с личностными переменными**

Наконец, для того чтобы обосновать валидность психосемантических показателей, мы вычислили коэффициенты корреляции этих показателей с психологическими характеристиками.

В таблице 4 представлены значимые коэффициенты корреляции Пирсона, показателя когнитивной сложности и личностных характеристик, полученных с помощью методики диагностики ценностных ориентаций PVQ-R.

Корреляций когнитивной сложности с чертами самоуправления не обнаружено. А вот с ценностями, определяемыми с помощью опросника Шварца, корреляции имеются, и они достаточно показательны. Характеристики, связанные с индивидуальными ценностями

**Таблица 4**

Значимые коэффициенты корреляции когнитивной сложности и ценностных ориентаций

Ценностные ориентации	г	р-знач.
2. Внешняя стимуляция	0,242	0,037
3. Гедонизм	0,229	0,050
6.1. Репутация	-0,245	0,035
8.2. Межличностный Конформизм	-0,276	0,017
10.3. Толерантность	0,243	0,037
Общий средний балл по методике Шварца	-0,441	0,000

ми свободы от тревоги, дают положительные корреляции, а ценности социального характера связанные с избеганием тревоги, наоборот, отрицательные. Обратим также внимание на толерантность. Это социальная ценность, но более высокого порядка, связанная с преодоленной тревогой, поэтому вполне логична ее положительная корреляция с когнитивной сложностью. С другой стороны, высокий общий балл по методике PVQ-R отражает социальную желательность и присущ людям с более низкой дифференцированностью сознания, отсюда отрицательная корреляция.

Значимые коэффициенты корреляции, представленные в таблицах 5–7 свидетельствуют о конструктивной валидности вычисляемых показателей. Так, общий высокий средний факторный балл по фактору безопасности свойствен людям, для которых важна личная безопасность, они склонны думать о неприятных последствиях своих действий или их отсутствия, испытывают ощущение угрозы, и именно это часто побуждает их к активности.

**Таблица 5**  
Значимые коэффициенты корреляции  
усредненных факторных баллов с ценностными ориентациями

	1. Безопасность	2. Социальные связи	3. Самодетерминация	4. Недоверие
1.1. Самостоятельность мыслей		-0,440		
1.2. Самостоятельность поступков		-0,357		
2. Внешняя стимуляция	-0,250	-0,292		
5.1. Власть над людьми		0,281		0,309
5.2. Власть над материальными ресурсами		<b>0,388</b>	0,245	<b>0,432</b>
6.2. Безопасность личная	0,276			
6.3. Безопасность общественная		-0,324		
7. Традиция		<b>0,359</b>	0,296	
8.3. Скромность		0,263		
9.2. Надежность		-0,232		

*Примечание.* Полужирным шрифтом здесь и далее выделены корреляции при  $p < 0,01$ ; все остальные указанные в таблице корреляции имеют значимость  $p < 0,05$ .

**Таблица 6**  
Значимые коэффициенты корреляции усредненных факторных баллов с показателями самоуправления

	1. Безопасность	2. Социальные связи	3. Самодетерминация	4. Недоверие
1. Самоопределение			0,381	
2. Самомотивация			0,313	
4. Способность планировать			0,365	0,320
5. Свободная от страха целенаправленность	-0,349	-0,382	-0,250	-0,361
6. Инициативность	0,428	0,401	0,480	0,329
13. Ощущение угрозы	0,289			0,311

**Таблица 7**  
Значимые коэффициенты корреляции дисперсий факторных баллов с ценностными ориентациями

	1. Безопасность	3. Самодетерминация	4. Недоверие
1.1. Самостоятельность мыслей		<b>0,320</b>	0,275
1.2. Самостоятельность поступков		0,253	
2. Внешняя стимуляция		0,267	<b>0,312</b>
3. Гедонизм		0,268	<b>0,320</b>
4. Достижение		0,493	0,360
5.2. Власть над материальными ресурсами	-0,339		
6.3. Безопасность общественная		0,266	
7. Традиция	-0,262		-0,245
8.1. Социальный конформизм		<b>-0,468</b>	-0,245
8.2. Межличностный Конформизм		-0,302	-0,552
8.3. Скромность		-0,360	
9.1. Забота о близких	0,326		0,239
9.2. Надежность	0,259		0,316
10.3. Толерантность			0,248

Высокий факторный балл по фактору социальных связей свойствен людям с выраженными социальными ценностями и, наоборот, не свойствен тем, у кого в большей степени выражены ценности индивидуального характера.

Полученные данные свидетельствуют о том, что людей, имеющих высокие баллы по фактору недоверие, характеризует стремление к власти. Возможно, ориентируясь на ценность власти и в плане отношений с людьми, и в плане ресурсов, они приписывают эти ценности и другим людям, а поскольку нормативы поведения в условиях пандемии исходят от властей, то и отношение к этим нормативам соответствующее (не ради людей, а ради того, чтобы удержать свою власть).

Высокий факторный балл по фактору самодетерминации коррелирует с высокими показателями по шкалам «внутренней демократии» (Самомотивация и Самоопределение) опросника саморегуляции. При этом люди, для которых мотивация самодетерминации оказывается значимой, не только не делают того, чего не хотят, но и обладают способностями организовать себя и других на выполнение желаемых целей.

Значимых корреляций дисперсий по факторам с показателями самоуправления не выявлено. Также отсутствуют значимые корреляции между дисперсиями по фактору 2 *Социальные связи* и личностными переменными.

Более высокие дисперсии по фактору *Безопасность* имеют люди с более высокими показателями, связанным с заботой о близких и в меньшей степени ориентированные на власть и традиции. Более дифференцированно оценивают объекты по фактору *Самодетерминации* люди с выраженными ценностями индивидуальной направленности, свободные от тревоги и, наоборот, с более низкими баллами по шкалам социальной направленности. Более высокие дисперсии оценок по фактору 4 *Недоверие* положительно коррелирует с некоторыми ценностями, которые объединяет свобода от тревоги индивидуальной и социальной направленности.

## Выводы

При анализе данных, полученных с помощью психосемантической методики, нами предлагается вычислять ряд показателей, количественно характеризующих индивидуальные особенности респондента.

Эти показатели являются нормально распределенными и валидными. При том, что психосемантические методики обладают преимуществами проективным методик, защищены от искажений вследствие социальной желательности определенных ответов, получаемые с их помощью данные можно считать более достоверными, чем данные опросов или интервью.

Отметим, что показатели дисперсий по факторам в большей степени связаны с когнитивными особенностями человека, гибкостью, дивергентностью, умением дифференцированно подходить к оценке объектов по шкалам. Поэтому для валидизации этих показателей нужно использовать не только личностные методики, но и методики диагностики интеллектуальных особенностей и способностей.

В случае, если интерес исследователя сфокусирован не на характеристиках отдельных респондентов, а на характеристиках инструментов оценки (первичных шкал) или стимулов (объектов оценивания) путем переструктурирования массива первичных данных, возможно получать аналогичные показатели и для первичных шкал, и для объектов оценивания.

## **Литература**

- Митина О.* О некоторых метода анализа психосемантических данных // Современная психодиагностика России. Преодоление кризиса: Сборник материалов III Всероссийской конференции по психологической диагностики. В 2 т. / Ред. Н.А. Батулин и др. Т. 1. Челябинск: ИЦ ЮУрГУ, 2015. С. 247–255.
- Митина О., Бачкала А., Морозова О.* Психосемантический подход к исследованию мотивационной структуры коллективного субъекта в условиях пандемии COVID-19 // Вестник Пермского ун-та. Философия. Психология. Социология. 2022. №4. С. 530–541.
- Митина О. В., Первичко Е. И., Конюховская Ю. Е., Степанова О. Б., Дорохов Е. А.* Роль саморегуляции в формировании образа болезни (COVID-19) // Психология саморегуляции в контексте актуальных задач образования / Под ред. В. И. Моросановой, Ю. П. Зинченко. М.: Психологический институт РАО, 2021. С. 161–170.
- Петренко В. Ф.* Основы психосемантики. 3-е изд. М.: Эксмо, 2010.
- Петренко В. Ф., Митина О. В., Исакова М. А., Менчук Т. И.* Сказочный семантический дифференциал: классический вариант и его модификация // Мир психологии. 2019. Т. 4 (100). С. 188–200.

*Schwartz S. H.* An overview of the Schwartz theory of basic values // Online readings in Psychology and Culture. 2012. V. 2. № 1. P. 20. doi: 10.9707/2307-0919.1116

### **On the issue of determining quantitative indicators in psychosemantic research**

*O. V. Mitina (Lomonosov Moscow State University),*

*V. F. Petrenko (Lomonosov Moscow State University)*

Methods of analysis and interpretation of psychosemantic data having a three-dimensional structure are considered. Several quantitative indicators are presented that can be calculated based on the data obtained during psychosemantic research, characterizing an individual respondent: cognitive complexity, average factor score, and variance of factor scores. The example of psychosemantic study using an attributive motivational matrix with the interpretation of quantitative indicators is considered.

*Key words:* Psychosemantics, individual differences, cognitive complexity, empirical research, attributive motivational matrix, self-regulation, value attitudes, COVID-19 pandemic.

## ПРОБЛЕМА АГРЕГАЦИИ ДИСКУРСИВНЫХ МАРКЕРОВ КАК ИНДИКАТОРОВ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ КОНСТРУКТОВ

*А. Н. Воронин (Институт психологии РАН, Москва)*

voroninan@bk.ru

Статья посвящена проблеме взаимосвязи уровня выраженности психологического конструкта и частоты встречаемости дискурсивных маркеров текста, являющихся его индикаторами. В статье описаны различные методы выявления дискурсивных маркеров психологических конструктов как в русле свободной интерпретации контекста, так и в рамках методов, ориентированных на парадигму кодирования: контент анализ, тематический анализ, метод обоснованной теории. Предложены четыре модели агрегации дискурсивных маркеров как индикаторов психологического конструкта (кумулятивно-аддитивная, кумулятивно-аддитивная с винсоризованным усреднением, кумулятивно-аддитивная с усреднением Тьюки и простая аддитивная модель). Выявлен приоритет робастных моделей. Показано, что аддитивно-кумулятивная модель с винсоризованным усреднением является наиболее адекватной.

*Ключевые слова:* дискурсивная парадигма, дискурсивные маркеры, меры центральной тенденции, парадигма кодирования.

Для современного общества характерно перемещение значительной части социальных отношений в интернет-пространство. Креолизованное дискурсивное пространство социальных медиа выступает той средой, в которой разворачивается внутригрупповое и межгрупповое взаимодействие, проявляются групповые социально-психологические феномены и формируется современное сетевое общество. Создаваемый в рамках социальных медиа контент отражает различные психологические и социально-психологические феномены, присущие как сетевым сообществам, так и отдельным категориям пользователей. Проблема исследования психологических характеристик по особенностям дискурса сводится к выделению адекватных дискурсивных признаков, связанных с компонентами психологических конструктов. При этом возможно использование разноуровневых дискурсивных признаков

(лексическо-грамматических показателей, процессуальных и семантических), связанных с различными психологическими и социально-психологическими характеристиками. Так, например, маркерами субъектности сетевого сообщества могут выступать многие лексические единицы, такие, как лексика совместности, побудительные глаголы, парольные слова, жаргонная, обценная, эмоционально-оценочная лексика и др. Крайне важны дискурсивные характеристики процесса коммуникации, разворачивающегося в ходе дискуссий: нарастание сходства обсуждаемых тем, наличие цепочек комментариев, их длина, пространственность и пр. Среди процессуальных характеристик значимыми представляются характеристики, относящиеся к особенностям общения и выступающие важнейшим проявлением субъектности сообщества. Не менее значимое место в перечне дискурсивных характеристик субъектности занимают семантические категории, которые не получают конкретной формы реализации, но могут быть надежно идентифицированы экспертами по смыслу: способность следовать организационным и управляющим воздействиям, отображение группового образа цели, информирование о текущем состоянии дела или проблемы и пр. Выделение значимых дискурсивных признаков возможно как в русле свободной (неформализованной) интерпретации контекста, так и в рамках методов, ориентированных на парадигму кодирования: контент-анализ, тематический анализ, метод обоснованной теории. В любом случае итогом такой работы является перечень дискурсивных маркеров, презентующий некоторый психологический конструкт, а частота встречаемости этих маркеров в тексте предполагает степень выраженности этого конструкта у автора (авторов) текста. При таком подходе, по сути, воспроизводится идея классической теории тестирования (*The Classical Theory of Mental Tests*), разработанной Ч. Спирменом и обобщенной Л. Гуттманом и Г. Гулликсеном, в основе которой лежит теория погрешности измерений, предполагающая, что измеряемые качества имеют некоторые «истинные» значения, искажаемые случайными и систематическими погрешностями (Guttman, 1945). При этом возможен и другой подход на основе теории отклика (*item response theory – IRT*), предполагающий неравновесность различных дискурсивных маркеров, характеризующих тот или иной психологический конструкт (Аванесов, 2005). В любом случае проблема взаимосвязи уровня психологического конструкта и количества дискурсивных признаков этого конструкта в тексте является крайне актуальной.

Рассмотрим заявленную проблему на примере оценки субъектности сетевого сообщества по дискурсивным маркерам его контента. Так, для построения концепции субъектности сетевых сообществ и разработки методики ее оценки был использован вариант обоснованной теории Б. Глезера, предполагающий многоступенчатое кодирование данных (Glaser, 1992). Выделение первичных описательных кодов (дискурсивных маркеров) осуществлялось путем психолингвистического анализа текстов с последующим избирательным кодированием до ядерных категорий. Верификация ядерных категорий субъектности осуществлялась с использованием многомерного шкалирования дискурсивных маркеров по шкалам субъектности, используемым для оценки субъектности различных коллективных субъектов. Коррекция структуры субъектности осуществлялась путем теоретического кодирования на завершающих этапах построения «обоснованной теории». Всего было выделено 64 дискурсивных признака, презентующих 5 основных компонентов субъектности сетевого сообщества: обсуждение совместной деятельности, позитивная поддержка коммуникации, групповые нормы и ценности, «свои—чужие», гражданская идентичность. Материалом для анализа послужили фрагменты контента 15 сетевых сообществ. Выбранный контент этих сообществ был размечен 4 экспертами-психолингвистами по выделенным дискурсивным признакам субъектности.

Субъектность сообществ рассчитывалась по 4 моделям: аддитивно-кумулятивной (АКМ), аддитивно-кумулятивной с винсоризованным усреднением, аддитивно-кумулятивной с усреднением Тьюки и простой аддитивной модели (АМ). Согласно аддитивно-кумулятивной модели, суммировались все обнаруженные в тексте сообщества маркеры в соответствии со структурой субъектности. В кумулятивно-аддитивной модели с винсоризованным усреднением было осуществлено усечение 20% наибольших и наименьших значений с последующей конволюцией среднего арифметического. В кумулятивно-аддитивной модели с усреднением Тьюки было осуществлено средневзвешенное усреднение, позволяющее уменьшить вклад значений, отстоящих от среднего достаточно далеко. Исходя из аддитивной модели, суммировались обнаруженные признаки в соответствии со структурой субъектности, при этом оценивалось только наличие или отсутствие признака в посте или комментарии. Для корректности сравнений выраженности общей субъектности для показателей по разным сообществам и моделям было осуществлено z-преобразование данных со сдвигом отрицатель-

ных значений к 0. Полученные результаты сопоставлялись с экспертной оценкой субъектности, данной сетевым сообществам социальными психологами, анализирующими их контент.

Экспертное мнение и оценка субъектности по дискурсивным маркерам с применением аддитивно-кумулятивной модели с винсоризованным усреднением полностью согласуются (по крайней мере, на уровне рангов, к которым апеллирует  $\tau$ - $b$  Кендалла). Винсоризованное усреднение показало себя отличной робастной мерой (Шуленин, 2012), позволившей избавиться от регулярных выбросов проявлений типичной лексики и других дискурсивных маркеров субъектности, характерных скорее для жанра отдельных сообществ и не связанных с проявлением субъектности этих сетевых сообществ. На втором месте по степени взаимосвязанности экспертной оценки и оценки по дискурсивным маркерам оказалась аддитивная модель, демонстрирующая большую значимость для уровня субъектности разнообразия ее проявлений по сравнению с частотой проявлений маркеров. Дискриминативность моделей была оценена через среднее расстояние (Squared Euclidian distance) между уровнями общей субъектности сетевых сообществ в пространстве 5 ее составляющих. Было показано, что от модели АКМ к АМ происходила последовательная редукция количества учитываемых маркеров и расстояние между сообществами уменьшалось, однако «слипания» объектов не происходило. Можно сказать, что все модели демонстрируют удовлетворительную дискриминативность, хотя при исследовании субъектности схожих сетевых сообществ предпочтение следует отдавать моделям АКМ и АКМ с винсоризованным усреднением.

## **Заключение**

По итогам двух испытаний моделей установлено, что для исследованных сетевых сообществ наиболее адекватной представляется аддитивно-кумулятивная модель с винсоризованным усреднением: она полностью согласуется с экспертной оценкой субъектности по внешним критериям и демонстрирует высокую дискриминативность,

Выявленный приоритет робастных моделей проявления дискурсивных маркеров позволяет определенным образом относиться к субъектности сетевых сообществ и организации коммуникации в них. Буквально следуя за описанием моделей, можно сделать вывод, что на уровень субъектности существенным образом влияет разнообразие способов ее

проявления по сравнению с количеством повторений одних и тех же способов инициирования активности и субъектности.

## **Литература**

- Аванесов В. С.* Применение тестовых форм в Rasch Measurement // Педагогические измерения. 2005. № 4.. С. 3–20.
- Шуленин В. П.* Математическая статистика Ч. 3. Робастная статистика: Учебник. Томск: Изд-во НТЛ, 2012.
- Glaser B. G.* Basics of Grounded Theory Analysis: Emergence vs Forcing. Mill Valley: Sociology Press, 1992.
- Guttman L.* A basis for analyzing test-retest reliability // Psychometrika. 1945. V. 10. P. 255–282.

## **The problem of aggregation of discursive markers as indicators of psychological constructs**

*A. N. Voronin (Institute of Psychology of Russian Academy of Sciences, Moscow)*

The article is devoted to the problem of the relationship between the level of expression of a psychological construct and the frequency of occurrence of discursive text markers, which are its indicators. The article describes various methods for identifying discursive markers of psychological constructs, both in line with the free interpretation of the context, and within the framework of methods focused on the coding paradigm: content analysis, thematic analysis, the method of grounded theory. Four models of aggregation of discursive markers as indicators of a psychological construct are proposed (cumulative-additive, cumulative-additive with winsor averaging, cumulative-additive with Tukey averaging, and simple additive model). The priority of robust models is revealed. It is shown that the additive-cumulative model with winsored averaging is the most adequate.

*Keywords:* discursive paradigm, discursive markers, measures, coding paradigm.

# МЕТОД СТРУКТУРОГРАММЫ КАК СПОСОБ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ СОЗАВИСИМОСТИ<sup>1</sup>

*С. А. Малкина (Институт Психологии РАН, Москва)*

hatiha@bk.ru

*Н. Г. Артемцева (Институт Психологии РАН, Москва)*

artyomtseva@gmail.com

В статье рассматривается феномен созависимого поведения в совокупности с когнитивной и эмоциональной сферами. Представленная проблема раскрывается с точки зрения структуры созависимого поведения, а не отдельно взятых характеристик эмоциональной и когнитивной сферы созависимого субъекта. Для целостного представления структуры созависимого поведения используется метод структурограммы.

*Ключевые слова:* созависимость, когнитивные искажения, эмоциональный интеллект, структурограмма, структурно-психологический анализ.

Созависимость сегодня – активно изучаемая проблема. Тем не менее до сих пор нет единой концепции данного состояния. Настоящее исследование – попытка построить и описать структуру созависимого поведения, включающую в себя эмоциональный и когнитивный компоненты. Мы придерживаемся когнитивно-поведенческого подхода, в котором когнитивный, эмоциональный и поведенческий аспекты личности рассматриваются в единстве. Все эти 3 компонента (поведенческий, эмоциональный и когнитивный) образуют прочную и устойчивую структуру, в которой все элементы связаны между собой.

Для составления структуры мы использовали метод структурно-психологического анализа, впервые предложенный А. В. Карповым, который акцентирует свое внимание именно на структурном способе изучения каких-либо психических явлений (Карпов, Карпова, 2016). Структурно-психологический анализ и построение структурограммы позволяет не только выявить детерминацию психического явления в плане еди-

---

<sup>1</sup> Исследование выполнено по Госзаданию № 0138-2023-0006.

ничных связей отдельных характеристик данного явления, но и определить структурную обусловленность явления с его подсистемами.

Метод структурограммы прост в исполнении, обладает высокой наглядностью и весьма информативен: он иллюстрирует наличие связей, силу, степень включенности каждого элемента в структуру. Он позволяет выделить группы структурообразующих элементов. Структурный анализ сложных психологических систем в соответствии с положениями системогенетического подхода применяется для определения структурных закономерностей.

Определение степени организованности корреляционных плеяд было проведено с помощью специальных индексов, предложенных А. В. Карповым. К таковым индексам относятся: индекс когерентности структуры, индекс дивергентности (дифференцированности) структуры, индекс организованности структуры.

Оригинальный метод принят нами с незначительными изменениями. Используются связи, значимые только на уровнях  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  и  $p < 0,001$ . Индекс когерентности структур определяется как сумма положительных корреляционных связей с учетом их значимости. Индекс дивергентности определяется как сумма отрицательных связей. Для корреляционных связей, значимых на уровне 5% ( $p < 0,05$ ), установлен коэффициент «1». Для связей, значимых на уровне 1% ( $p < 0,01$ ), установлен коэффициент «2». Связи, значимые на уровне 0,1% ( $p < 0,001$ ), имеют коэффициент «3».

Подсчет структурного веса каждого элемента структурограммы осуществлялся по формуле:

$$СВ = \sum (Y_{an}) + \sum (Y_{am}),$$

где  $a$  – коэффициент значимости связи, ед.;  $n$  – количество значимых положительных корреляционных связей рассматриваемого элемента структурограммы, ед.;  $m$  – количество значимых отрицательных корреляционных связей рассматриваемого элемента структурограммы, ед.

Индекс организованности структуры рассчитывается как алгебраическая сумма индексов когерентности и индексов дифференцированности:

$$ИОС = \sum ИКС + \sum ИДС.$$

Установление веса каждого элемента структуры и выделение ведущих и базовых элементов позволило установить функциональную роль каждого элемента в системе взаимосвязей.

В структуру для анализа были включены все показатели используемых в исследовании методик.

### **Участники исследования**

122 человека (73 женщины и 49 мужчин). Возраст респондентов – от 21 до 49 лет, средний возраст – 35,1 лет. 74% респондентов имеют высшее образование.

Участникам исследования предлагалось заполнить три опросника: «Профиль созависимости» (Артемцева, 2017), который позволяет определить, актуализированы ли у респондента в данный момент паттерны созависимого поведения, опросник эмоционального интеллекта «ЭМИн» (Люсин, 2004), который позволяет определить общий уровень эмоционального интеллекта, а также уровень эмоционального интеллекта по шкалам: Межличностный, Внутрличностный, Понимание эмоций, Управление эмоциями, Понимание чужих эмоций, Управление чужими эмоциями, Понимание своих эмоций, Управление своими эмоциями, Контроль экспрессии – и опросник когнитивных ошибок «ОКО» в адаптации А. Е. Боброва (Бобров, Файзрахманова, 2017). Когнитивный компонент при созависимости мы исследовали путем изучения когнитивных искажений. Опросник «ОКО» позволяет выявить наличие 9 когнитивных искажений: Чтение мыслей, Гипернормативность, Максимализм, Морализация, Упрямство, Выученная беспомощность, Катастрофизация, Преувеличение опасности, Персонализация. Эмоциональный компонент в структуре был представлен эмоциональным интеллектом.

Чтобы избежать явления мультиколлинеарности, мы исключили из структуры шкалу Общего уровня эмоционального интеллекта, так как она является совокупностью всех остальных шкал опросника «ЭМИн».

### **Полученные результаты и их интерпретация**

В результате обработке данных и построения структурограммы были получены следующие результаты.

Созависимое поведение отрицательно связано со всеми шкалами эмоционального интеллекта. Все корреляции значимы на уровне  $p=0,01$ . Созависимость положительно связана со всеми когнитивными искажениями на уровне значимости  $p=0,01$ , кроме когнитивного

искажения «Упрямство», с которым взаимосвязь значима на уровне  $p=0,05$ . В связи с этим мы можем сказать, что созависимость является важным структурообразующим элементом, положительно связанным с когнитивными искажениями и отрицательно — с эмоциональным интеллектом.

Шкалы эмоционального интеллекта в рамках общей структуры отрицательно взаимосвязаны со всеми когнитивными искажениями, кроме одного («Чтение мыслей»). Вероятно, потому, что Чтение мыслей подразумевает понимание эмоций другого человека и может быть проявлением эмпатии. А с другой стороны, Чтение мыслей может отражать тенденцию наделять другого человека своими проекциями, приписывать ему мысли, чувства и мотивы, которых на самом деле нет.

Самый слабый элемент структуры — когнитивное искажение «Гипернормативность». Оно не взаимосвязано ни с одной шкалой эмоционального интеллекта, имеет только значимую взаимосвязь с созависимостью и с пятью когнитивными искажениями. Остальные элементы структуры взаимосвязаны практически со всеми другими элементами структуры. Самое большое количество связей имеет когнитивное искажение «Персонализация», оно значимо взаимосвязано со всеми остальными элементами структуры и также является структурообразующим.

Мы оценили общее количество взаимосвязей каждого элемента. Всего в структуре 15 элементов (созависимость, 9 шкал когнитивных искажений и 5 шкал эмоционального интеллекта). Каждый элемент структуры может быть значимо взаимосвязан максимум с четырнадцатью другими элементами. Приведем общую картину взаимосвязей (расположено в порядке уменьшения количества взаимосвязей):

- созависимость взаимосвязана с 14 элементами;
- когнитивное искажение «Персонализация» — взаимосвязано с 14 элементами;
- когнитивное искажение «Катастрофизация» — взаимосвязано с 13 элементами;
- шкала Внутриличного эмоционального интеллекта — взаимосвязана с 12 элементами;
- шкала «Управление эмоциями» — взаимосвязана с 12 элементами;
- шкала «Контроль экспрессии» — взаимосвязана с 12 элементами;
- когнитивное искажение «Максимализм» — взаимосвязано с 12 элементами;

- когнитивное искажение «Выученная беспомощность» – взаимосвязано с 12 элементами;
- когнитивное искажение «Преувеличение опасности» – взаимосвязано с 12 элементами
- когнитивное искажение «Упрямство» – взаимосвязано с 12 элементами;
- когнитивное искажение «Морализация» – взаимосвязано с 12 элементами;
- шкала «Понимание эмоций» – взаимосвязана с 9 элементами;
- шкала Межличностного эмоционального интеллекта – взаимосвязана с 9 элементами;
- когнитивное искажение «Чтение мыслей» – взаимосвязано с 9 элементами;
- когнитивное искажение «Гипернормативность» – взаимосвязано с 6 элементами.

## Выводы

Мы можем сделать вывод, что в структуру созависимости, состоящую из эмоционального и когнитивного компонента, включены все шкалы эмоционального интеллекта и все когнитивные искажения. Структура достаточно жесткая, она показывает прочную связь между элементами внутри структуры, причем созависимость является главным структурообразующим элементом.

С помощью структурограммы можно также визуально оценить не только вклад каждого элемента в общую структуру, но и вклад группы элементов. Например, когнитивные искажения в целом имеют больше взаимосвязей с созависимостью, чем шкалы эмоционального интеллекта. Они вносят больший вклад в образование и поддержание структуры созависимого поведения.

Таким образом, метод структурограммы позволяет наглядно показать степень согласованности элементов структуры, выделить основные важные ее элементы, а также те, которые включены в структуру очень слабо.

## Литература

Артемцева Н. Г. Феномен созависимости: общее, типологическое, индивидуальное. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2017.

- Бобров А. Е., Файзрахманова Е. В.* Опросник когнитивных ошибок как инструмент оценки компонентов патологической тревоги // Неврология. Психиатрия. 2017. № 8 (137). С. 59–65.
- Карпов А. В., Карпова Е. В.* Экспериментальное исследование взаимосвязи интенсивности мотивации и структурной организации когнитивной сферы личности // Экспериментальная психология. 2016. Т. 9. № 4. С. 59–67. doi: 10.17759/exppsy.2016090405
- Люсин Д. В.* Новая методика для измерения эмоционального интеллекта: Опросник ЭМИн // Психологическая диагностика. 2006. № 4. С. 3–22.
- Малкина С. А., Артемцева Н. Г.* Созависимость и эмоциональный интеллект у лиц с нарушением пищевого поведения // Психология – наука будущего: Материалы IX Международной конференции молодых ученых / Отв. ред. Е. А. Сергиенко, Н. Е. Харламенкова. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2021. С. 217–221

### **The structurogram method as a way to create a codependency model**

*S. A. Malkina (Institute of psychology RAS, Moscow),  
N. G. Artemtseva (Institute of psychology RAS, Moscow)*

The article examines the phenomenon of codependent behavior in conjunction with the cognitive and emotional spheres. The presented problem is revealed from the point of view of the structure of codependent behavior, and not the individual characteristics of the emotional and cognitive sphere of the codependent subject. For a holistic representation of the structure of codependent behavior, the structurogram method is used.

*Keywords:* codependency, cognitive distortions, emotional intelligence, structurogram, structural and psychological analysis.

# ДВИЖЕНИЯ ГЛАЗ КАК ИНДИКАТОРЫ КОГНИТИВНЫХ СТРАТЕГИЙ РАЗНОГО УРОВНЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ

*И. В. Блинникова (МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва)*

ir.vl.blinnikova@gmail.com

*Ю. А. Ишмуратова (МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва)*

ishmuratova08@gmail.com

Статья посвящена описанию индикаторов окуломоторной активности человека при решении сложных задач, требующих анализа и соотнесения информации, обращения к ресурсам долговременной памяти и принятия решений. Сравниваются показатели движений глаз специалистов с разным профессиональным опытом и справляющихся с заданиями с разной степенью эффективности. В исследовании приняли участие опытные («эксперты») и начинающие («новички») специалисты в области химии, в ходе эксперимента они должны были сначала прочесть описание химического процесса, а затем ознакомиться с его схемой и заполнить в ней пустые ячейки. Регистрировалось время выполнения и глазодвигательные показатели. В результате было выявлено, что опытные специалисты справляются с заданием значительно быстрее и допускают меньше ошибок, некоторые характеристики движений глаз, свидетельствующие о разных способах, приемах и тактиках обработки информации у «экспертов» и «новичков».

*Ключевые слова:* когнитивные стратегии, эффективность решения задач, «эксперты», движения глаз, длительность фиксаций, амплитуда саккад.

## **Введение**

Большинство современных исследований с использованием регистрации окуломоторной активности базируются на так называемой «eye-mind» гипотезе, которая связывает движения глаз не только и не столько с моторной сферой или «зрительным поведением»,

но и с ментальными процессами. Движения глаз при этом рассматриваются как объективные показатели переработки информации (Just, Carpenter, 1980).

Записи окуломоторной активности фиксируют направленность взора и его перемещения. Обычно регистрируются два класса метрических единиц — фиксации и саккады. Фиксациями называют периоды относительно неподвижного взора. Учитывается их средняя и общая длительность, также обращают внимание на количество, частоту и временную протяженность фиксаций относительно отдельных областей задачи, полагая, что это свидетельствует об их значимости. Саккады — это быстрые перемещения взора между отдельными локациями. Исследователи учитывают и такие показатели, как длительность, амплитуда и скорость саккадических движений (Holmqvist et al., 2011). Долгое время предполагалось, что когнитивная обработка происходит в процессе фиксаций, в то время как саккады лишь переводят глаз в область, с которой нужно взаимодействовать (считывать информацию, изучать, анализировать и т. п.). Однако в последнее время утверждается точка зрения, что движения глаз отражают целостный процесс познания.

Одно из направлений современной когнитивной психологии, активно использующее технологии бесконтактной регистрации движений глаз, — это анализ структур экспертного знания и способов его применения в процессе решения задач (Harsh et al., 2019). Окуломоторные показатели используются для выявления особых способов, приемов и тактик обработки и использования информации у «экспертов» (опытных профессионалов) и «новичков» (начинающих профессионалов или любителей). К настоящему моменту накоплено довольно много фактов, которые в основном касаются отдельных показателей фиксаций и саккад, распределения окуломоторных событий между частями задачи, направлений перемещения взора. Надо отметить, что установленные закономерности носят противоречивый характер. Несогласованность данных может являться следствием используемых задач и инструкций, но вполне возможно, что поиск простых и разрозненных индикаторов не может привести к выявлению сложных закономерностей когнитивной обработки.

Целью нашего исследования было выявление более сложных глазо двигательных параметров решения задач-схем опытными и начинающими специалистами в области химии.

## **Методика исследования**

В исследовании приняли участие опытные ( $n=18$ ) и начинающие ( $n=17$ ) специалисты в области химии. Испытуемым предъявлялся текст с описанием химического процесса, после чего они видели на экране его схематическое изображение с одной стороны и список химических соединений с другой. В представленных схемах было несколько пустых ячеек, которые нужно было заполнить, выбрав из предложенного списка соединений. Регистрировалось время решения задачи, количество ошибок, а также движения глаз испытуемого, для чего использовалась система бесконтактной видеорегистрации движений глаз SMI Hi-Speed с частотой 1000 Гц.

## **Результаты**

Было установлено, что при решении предложенных задач «эксперты» значительно превосходят «новичков»: более опытные специалисты делают меньше ошибок, затрачивая при этом меньше времени. «Превосходство экспертов» не является удивительным (хотя используемая задача не является профессиональной в полном смысле этого слова, она скорее носит тестовый или учебный характер), вопрос заключается в том, что стоит за этим превосходством, чем обеспечивается скачок в эффективности решения задач.

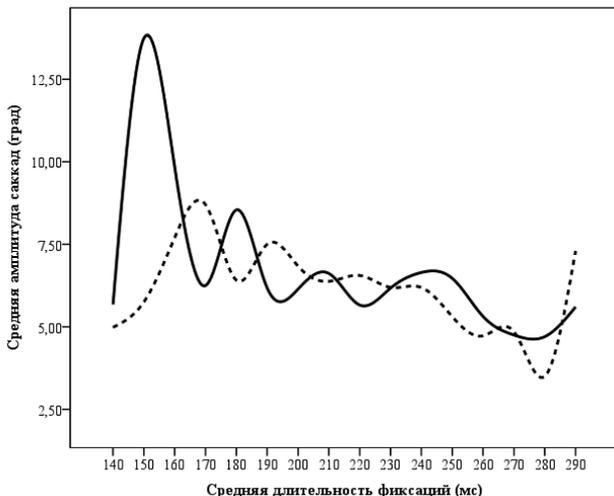
Для поиска ответа на этот вопрос мы сравнили окуломоторные индикаторы, регистрируемые в процессе выполнения заданий двумя группами испытуемых. Были обнаружены некоторые значимые различия, которые касались этапов выполнения задачи. В частности, на первом этапе знакомства со схемой, у опытных профессионалов регистрировались гораздо меньшее время первой фиксации (192,35 vs 225,66 мс;  $p < 0,05$ ). Это свидетельствовало о том, что испытуемые данной группы быстрее ориентируются в задании, понимают его основные характеристики. В целом такой результат достаточно часто встречается в работах по сравнению «экспертов» и «новичков». У опытных профессионалов чаще встречаются более короткие фиксации, свидетельствующие о том, что они уже встречались с подобными задачами ранее и знают, как их решать.

Гораздо более удивительным было то, что на последующем этапе анализа схемы и выбора правильного ответа у «экспертов» фиксировались в среднем более длительные фиксации, чем у «новичков» (215,41 vs

208,35 мс; значимость различий  $p < 0,05$ ). Этот результат требовал тщательного анализа, поскольку ответить, о чем он свидетельствует, было непросто. С одной стороны, более длительные фиксации часто свидетельствуют о более высокой когнитивной нагрузке, которая связана с субъективной сложностью задачи (Goldberg, Kotval, 1999), с другой стороны, в научной литературе присутствует мнение, что длительность фиксаций может быть связана с глубиной переработки информации (Velichkovsky et al., 2005). Мы посчитали, что последний вариант интерпретации больше подходит для нашего случая. К такому выводу нас подталкивало, в частности, то, что опытные профессионалы решали задачу значимо быстрее. Другими словами, эффективность нахождения решения осуществлялась за счет особой глубокой когнитивной обработки. Можно было бы предложить новый коэффициент эффективности решения задач, где средняя длительность фиксаций, соотносится с продолжительностью выполнения задачи.

Авторы, анализирующие эффективность решения задач со сложными визуальными объектами (веб-страницами, интерфейсами компьютерных программ, экранами тренажеров управления движущимися средствами и т. п.), осознают, что учет отдельных показателей фиксаций и саккад не позволяет судить в полном объеме о характере когнитивной обработки. Они уверены, что необходимо искать связующие звенья между отдельными индикаторами. Поэтому Дж. Голдберг и Х. Котвел (Goldberg, Kotval, 1999) вводят комплексный показатель отношения длительности фиксаций и саккад, а Б. М. Величковский с коллегами (Velichkovsky et al., 2005) предлагают анализировать фиксации в связке со следующими за ними саккадами. При этом в последнем случае авторы связывают сочетание длительных фиксаций и коротких саккад с фокальным зрением или способом обработки информации, а сочетание коротких фиксаций и протяженных саккад — с амбиентным способом обработки.

Мы попробовали проанализировать это соотношение несколько по-другому и представили результаты на рисунке 1. Для каждой пробы мы подсчитали среднее количество фиксаций и среднюю амплитуду саккад, а затем построили график, где длительности фиксаций соответствовала своя амплитуда саккад. Сплошной линией на рисунке отображается соотношение фиксаций и саккад у начинающих специалистов, которые решали задачи менее эффективно, а пунктирной — это же соотношение у их опытных коллег, которые справлялись с заданиями намного успешнее.



**Рис. 1.** Соотношение средней длительности фиксации и средней амплитуды саккад при выполнении заданий у «новичков» (сплошная линия) и «экспертов» (пунктирная линия)

На рисунке мы можем видеть, что в группе «новичков» фиксировался гораздо более выраженный ранний компонент, связывающий непродолжительные фиксации (приблизительно на уровне 150 мс) и протяженные саккады (превышающие 12 градусов). Это свидетельствует о проявленности более поверхностного типа обработки, который реализует программу ориентировочных движений. В группе «экспертов» этот компонент был менее выражен и сдвинут в сторону более длительных фиксации и короткоамплитудных саккад. Это свидетельствует о том, что они использовали другой тип когнитивной обработки (см.: Velichkovsky et al., 2005), который характеризуется более высокой концентрацией внимания и уровнем сознательного контроля, а также с обращением к структурам рабочей памяти.

### **Заключение и выводы**

В исследовании было показано, что эксперты в области химии демонстрировали более эффективный уровень решения схематических задач, требующих анализа химических процессов. Они давали больше правильных ответов, на которые затрачивали меньше времени. Детальное рассмотрение процесса решения с помощью показателей движе-

ний глаз показало, что опытные специалисты на первом этапе быстрее ориентируются в задаче, а затем используют особые тактики и приемы когнитивной обработки. Система этих тактик и приемов проявляется в особом сочетании более длительных фиксаций и более коротких и медленных саккад. Их когнитивная стратегия заключается в фокусированном внимании и более глубокой обработке информации с использованием систем рабочей памяти. Это требует большего когнитивного напряжения, сознательного контроля, но приводит к более быстрому нахождению решения.

## **Литература**

- Goldberg J. H., Kotval X. P.* Computer interface evaluation using eye movements: Methods and constructs // *International Journal of Industrial Ergonomics*. 1999. V. 24. № 6. P. 631–645. 10.1016/S0169-8141(98)00068-7
- Harsh J. A., Campillo M., Murray C., Myers C., Nguyen J., Maltese A. V.* “Seeing” data like an expert: an eye-tracking study using graphical data representations // *CBE Life Sciences Education*. 2019. V. 18. № 3. Art. 32. doi: 10.1187/cbe.18-06-0102
- Holmqvist K., Nyström M., Andersson R., Dewhurst R., Jarodzka H., van de Weijer J.* *Eye Tracking: A Comprehensive Guide to Methods and Measures*. Oxford: Oxford University Press, 2011. URL: <http://ukcatalogue.oup.com/product/9780199697083> (дата обращения: 17.03.2013).
- Just M. A., Carpenter P. A.* A theory of reading: From eye fixations to comprehension // *Psychological Review*. 1980. V. 87. № 4. P. 329–354. doi: 10.1037/0033-295X.87.4.329
- Velichkovsky B. M., Joos M., Helmert J. R., Pannasch S.* Two visual systems and their eye movements: Evidence from static and dynamic scene perception // *Proceedings of the XXVII Conference of the Cognitive Science Society*. 2005. V. 27. P. 2283–2288.

## **Eye movements as indicators of cognitive strategies of different levels of effectiveness**

*I. V. Blinnikova (Moscow State University after M. V. Lomonosov),  
Yu. A. Ishmuratova (Moscow State University after M. V. Lomonosov)*

The article deals with the description of indicators of human oculomotor activity when solving complex problems that require analysis and correlation of information, access to long-term memory resources and decision making.

The indicators of eye movements of specialists with different professional experience and varying degrees of task coping efficiency were compared. The study involved experienced (“experts”) and novice (“novice”) specialists in the field of chemistry; during the experiment they first had to read a description of a chemical process, and then familiarize themselves with its structural scheme and fill in the empty cells in it. Completion time and oculomotor performance were recorded. The results showed that experienced specialists completed the task significantly faster and made fewer mistakes. Some characteristics of eye movements were identified, indicating different methods, techniques and tactics of processing information utilized by “experts” and “novices”.

*Key words:* cognitive strategies, experts and novices, schematic tasks, chemical knowledge, eye movements, fixation duration, saccadic amplitude.

## ПРОБЛЕМА ИНТЕРПРЕТАЦИИ СТАТИСТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ НА ПРИМЕРЕ ЗАВИСИМОСТЕЙ МЕЖДУ МАТЕМАТИЧЕСКИМИ ФУНКЦИЯМИ

*М. М. Басимов (АНО ВО «Университет мировых цивилизаций», Москва)*

basimov\_@mail.ru

Рассматривается проблема наиболее существенных ошибок при интерпретации слабых и очень слабых значений коэффициента корреляции, которые одновременно относятся к «значимым» и в настоящее время в психологическом сообществе по негласному правилу считаются достойными внимания наравне с сильными корреляциями, которых обычно катастрофически не хватает. В рамках модельной задачи с математическими функциями рассмотрен пример сильной нелинейной связи (парабола), который одновременно характеризуется слабой, но «значимой» корреляцией, что при традиционной интерпретации приводит к крайне существенной ошибке. Такие ошибки (2-го типа) являются причиной неприятия практической психологией результатов исследований, в которых приводятся слабые и очень слабые «значимые» корреляции.

*Ключевые слова:* коэффициент корреляции, значимость, коэффициент силы связи, сравнительная весомость, линейная регрессия, квинты.

Анализ статистических связей между исследуемыми признаками – скорее всего, главный вид аналитических задач, встречающихся практически в любом диссертационном психологическом исследовании. Это можно отследить по защищенным в последнее время кандидатским и докторским диссертациям, где за редким исключением не используется корреляционный метод и исследователь не обращается к анализу причинно-следственных связей, исходя из поставленных в исследовании задач.

Но, как показывает многолетний опыт, в том числе опыт коллег, в психологических исследованиях, если нет переизбытка родственных по содержанию переменных, между изучаемыми показателями

доминируют, прежде всего, далекие от линейных взаимосвязи. Ограничиваясь только простейшими нелинейными связями, можно выделить зависимости с максимумом или минимумом, а также монотонные (возрастающие, убывающие) или близкие к монотонным зависимости, которые слабо фиксируются коэффициентом корреляции, специально предназначенным для изучения степени линейности зависимости, представленной множеством точек на плоскости.

В основном, если ограничиваться простейшими нелинейными зависимостями, психологу наиболее интересными должны быть зависимости с максимумом или минимумом, которые часто соответствуют сущности психического как предмета исследования. Усложнение зависимостей — это путь к увеличению их количества вплоть до 100%, когда  $n$  точек на плоскости соединяются многочленом  $n$ -й степени, когда математически зависимость будет всегда, но качественный научный смысл при этом полностью теряется.

Поэтому частые возражения о наличии для обработки данных психологических исследований нелинейной регрессии как «всем доступного и понятного метода, вне зависимости от образования» наводят на вопрос, почему при преимущественно нелинейной природе связей между психологическими данными нелинейная регрессия используется крайне редко.

Модели нелинейной регрессии требуют подбора и построения зависимостей для каждой пары (из тысяч пар) переменных как в одном, так и в другом направлении, при этом регрессию можно построить и для слабой, и для сильной зависимости. Кроме того, для нелинейной регрессии возникают проблемы из-за большого количества повторяющихся значений в выборке, что наблюдается при использовании большинства психологических методик (например 8 различных значений для 120 испытуемых).

В результате у психологов сложился исследовательский стереотип. С одной стороны, это мода на синергетику и нелинейность в теоретических рассуждениях при непонимании и неприятии реальной нелинейности (нелинейные зависимости между изучаемыми переменными) как методологической основы (что также усугубляется отсутствием доступного инструментария для анализа экспериментальных данных). С другой стороны, это попытки, когда, цепляясь за линейные модели и не находя в их рамках решения проблемы (за исключением в основном тривиальных результатов), делать осознанную или неосознанную подмену, которая позволяет слабые (0,2–0,3) и даже очень слабые (<0,2)

корреляции выдавать за «значимые», которые дают возможность говорить о наличии результатов, представленных большим набором выявленных «значимых» связей между изучаемыми переменными.

Метод изучения статистических связей был построен на основе авторского метода множественного сравнения (Басимов, 2008). Вначале по каждой переменной формируются квантильные разбиения (триады, кварты, квинты) данных, после чего для них проводится множественное сравнение по обобщенному варианту, когда сравниваются между собой стандартизированные на всей совокупности значения всех переменных для всех квантильных групп. В заключение строятся коэффициенты силы связи, которые нормируются таким образом, чтобы аналог единичной корреляции (зависимость переменной от себя самой) в новых коэффициентах также принимал значение, равное (или почти равное) единице. Линейные зависимости становятся одними из частных случаев всех выявленных статистических связей. Когда зависимость далека от линейной (симметричный или несимметричный максимум или минимум), для сильных связей в основном по результатам расчета коэффициентов силы связи без субъективного фактора исследователя определяются переменная-причина и переменная-следствие, т. е. алгоритм дает направление причинно-следственной связи.

В рассматриваемом модельном примере (идеализированная математическая задача) задействованы элементарные функции (всего 58), которые представляют собой как математические функции (30 переменных), так и их регрессионные модели (28 переменных), основанные на линейной корреляции. Среди математических функций представлены зависимости с максимумом, зависимости с минимумом, монотонные возрастающие и убывающие зависимости, в том числе линейные.

Например, среди функций с минимумом в задаче по изучению связей были включены 9 функций на базе функции  $y=x^2$ , когда слева от минимума функция задается формулой  $y=x^2$ , а справа от минимума, кроме одного симметричного варианта, представлены четыре варианта сжатого вдоль оси Y графика:  $0,5*x^2$ ;  $0,6*x^2$ ;  $0,7*x^2$ ;  $0,8*x^2$  и четыре варианта растянутого вдоль оси Y графика:  $1,2*x^2$ ;  $1,3*x^2$ ;  $1,4*x^2$ ;  $1,5*x^2$ . Аналогично следующие 9 функций были получены на базе функции с максимумом  $y=-x^2$ .

Среди монотонных функций, включенных в задачу по изучению связей, можно отметить три возрастающие и три убывающие линейные функции, а также три возрастающие нелинейные функции на базе

функций  $y=x^3$  и три убывающие нелинейные функции на базе функций  $y=-x^3$ .

Для 28 функций (кроме двух четных строго симметричных функций  $y=x^2$  и  $y=-x^2$ ) были построены регрессионные модели, основанные на линейной корреляции.

1. Рассмотрим зависимость функции « $Y=-X^2$ » от переменной « $X$ » в виде сравнительных весомостей функции « $Y=-X^2$ » для квинт (1–5) по шкале « $X$ »:

$$Y_1 = -11944; Y_2 = +6356; Y_3 = +12310; Y_4 = +6356; Y_5 = -11944;$$

Коэффициент силы связи = 1,65 (обратная зависимость  $X(Y)$ : 0,00);

Коэффициент корреляции = 0,00.

Это зависимость с симметричным максимумом, когда линейная корреляция полностью отсутствует. Такую зависимость исследователи, доверяющие корреляционному анализу, просто не замечают. В этом случае теряется из рассмотрения не только сильная зависимость, а зависимость значительно более сильная, чем линейная функция. Ошибки с неправильным толкованием в этом случае не будет, так как зависимость не фиксируется, а значит, и не интерпретируется, ее просто «нет».

Переходим далее к рассмотрению примера зависимости с несимметричным максимумом со слабой, но одновременно «значимой» корреляцией.

2. Зависимость для функции с несимметричным максимумом (график, сжатый справа):

$$Y = -X^2 \text{ (слева от максимума);}$$

$$Y = -0,7 * X^2 \text{ (справа от максимума).}$$

Сравнительные весомости  $Y$  для квинт по шкале  $X$ :

$$Y_1 = -14614; Y_2 = +5512; Y_3 = +11892; Y_4 = +8178; Y_5 = -8412;$$

Коэффициент силы связи = 1,59 (обратная зависимость  $X(Y)$ : 0,22);

Коэффициент корреляции = 0,25.

Если в задаче изучения связей рассматривать одновременно первоначальные функции и прямые-регрессии, по ним построенные, то мы не имеем возможности по сравнительным весомостям увидеть их реальное отличие. Это связано, прежде всего, с первоначальным этапом стандартизации данных для каждой изучаемой переменной, когда интервалы для всех переменных становятся примерно одинаковыми.

В рассматриваемом примере при слабых корреляциях по первоначальным шкалам переменных интервал изменения переменной по регрессионной прямой значительно меньше, чем интервал изменения переменной, на основе которой построена регрессионная прямая, поэтому для наглядного сравнения зависимостей необходимо использовать средние значения переменных для квинт.

3.1. Зависимость параметра  $Y$  от параметра  $X$  в виде средних значений параметра  $Y$  для квинт по шкале  $X$ :

$$Y_1 = -5,965; Y_2 = -1,582; Y_3 = -0,103; Y_4 = -1,108; Y_5 = -4,175.$$

3.2. Зависимость параметра  $Z$  (регрессионная прямая) от параметра  $X$  в виде средних значений параметра  $Z$  для квинт по шкале  $X$ :

$$Z_1 = -3,408; Z_2 = -2,998; Z_3 = -2,587; Z_4 = -2,176; Z_5 = -1,765.$$

При наличии графиков было бы наглядно видно, какую малую часть причинно-следственной связи (причем явно односторонней) описывает регрессионная прямая вблизи среднего значения зависимой переменной.

Нелинейный эффект — это эффект, описываемый некоторой нелинейной зависимостью. Теория считается линейной или нелинейной в зависимости от того, какой — линейный или нелинейный — математический аппарат она использует.

Метод анализа данных в психологии для выявления в одной задаче как линейных, так и простейших нелинейных зависимостей был в свое время предложен автором (Басимов, 2008). В ранее опубликованных статьях были «показаны типы ошибок, какие могут возникнуть, когда для изучения связей в психологических исследованиях используется только корреляционный анализ с общепринятыми на сегодняшний день интерпретациями величины коэффициента корреляции» (Басимов, 2017; Basimov, 2019a), а исследователь направлен на интерпретацию исключительно линейных зависимостей.

## **Литература**

*Басимов М. М.* Изучение статистических связей в психологических исследованиях. М.—Воронеж, 2008.

*Басимов М. М.* Типичные модели психологических процессов и их ошибочные интерпретации через «значимые» корреляции // Ученые

записки Российского гос. социального ун-та. 2017а. Т. 16. № 3 (142). С. 6–18. URL: <http://rgsu.net/about/science/publishing/magazine/scientific-notes>.

*Басимов М. М.* Модели грубых типичных ошибок корреляционного познания сложной психологической реальности // Ученые записки Российского гос. социального ун-та. 2017б. Т. 16. № 4 (143). С. 5–19. URL: <http://rgsu.net/about/science/publishing/magazine/scientific-notes>.

*Basimov M.* Study of political preferences and type 1 errors in the traditional correlation approach // *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*. 2019а. V. 289. P. 488–494.

*Basimov M.* Study of political preferences and type 2 errors in the traditional correlation approach // *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*. 2019b. V. 333. P. 11–18.

### **The problem of interpreting statistical relations using the example of dependencies between mathematical functions**

*М. М. Basimov (Autonomous non-profit organization of higher education “Zhirinovsky University of World Civilizations”, Moscow)*

The problem of the most significant errors in the interpretation of weak and very weak values of the correlation coefficient is considered, which at the same time are considered “significant” and are currently considered worthy of attention in the psychological community, according to an unspoken rule, how and strong correlations, which are usually sorely lacking. Within the framework of a model problem with mathematical functions, an example of a strong nonlinear relation (parabola) is considered, which is simultaneously characterized by a weak but “significant” correlation, which in the traditional interpretation leads to an extremely significant error. Such errors (2 types) are the reason for the rejection by practical psychology of the results of studies in which weak and very weak “significant” correlations are given as results.

*Key words:* correlation coefficient, significance, factor of the connection strength, comparative weightiness, linear regression, quinters.

# КОМБИНАЦИИ МЕТОДОВ СТАТИСТИКИ В ИЗУЧЕНИИ УНИКАЛЬНОСТИ СУБЪЕКТА И ГРУПП

*В. А. Толочек (Институт психологии РАН, Москва)*

tolochekva@mail.ru

*А. С. Машкова (Институт психологии РАН, Москва)*

ania\_12@mail.ru

На примерах изучения стилей деятельности и мастерства спортсменов высших разрядов; изучения компетенций, личностных черт и особенностей стилей делового общения менеджеров (руководителей низового и среднего звена управления) обсуждаются потенциал методов параметрической статистики. Показано, что редко используемые статистики (коэффициенты объектов факторов – КОФ), сопряженные с процедурами статистических расчетов и часто используемые (нагрузки переменных на фактор и т. п.), могут выступать как дополняющие и много разъясняющие особенности эволюции и функционирования изучаемых фрагментов социальной действительности. В спорте высших достижений КОФ спортсменов тесно коррелируют с экспертными оценками тренеров выраженности стилей деятельности и уровня мастерства борцов; в выборках менеджеров позволяют выявлять инварианты типовых социальных ролей членов рабочих групп (команд).

*Ключевые слова:* статистики, коэффициенты объектов факторов (КОФ), уникальность, спортсмены, спортивное мастерство, стили деятельности, менеджеры, социальные роли.

## **Введение**

Традиционно предметом исследования в академической психологии выступают более или менее освоенные концепты (компетенции, профессиональная пригодность, потенциал, удовлетворенность жизнью, качество жизни и др.) (Головина, Савченко, 2021; Машкова, 2021; Толочек, 2017, 2019; Толочек, Краюшенко, 1998; и др.); основным инструментарием – методы параметрической статистики (чаще дру-

гих – корреляционный, факторный, кластерный, дискриминантный, множественный регрессионный анализ, t-сравнение). Комбинации этих приемов в научно-исследовательской работе (НИР) и в научно-практической работе (НПР) на первый взгляд исключает возможность изучения уникальности отдельного человека как субъекта, социальных групп как команд, рабочих групп, рабочих коллективов. Но именно уникальность каждого социального объекта – человека и группы – выступает предельной задачей психологии при внедрении результатов НИР в практику управления социальными объектами.

Сохранность традиций поддерживается также выделением *предмета исследования* (в качестве которого выступает тот или иной концепт – ресурсы, потенциал, жизнеспособность и т. п.) и следующего из характеристик предмета типичных задач НИР (описания и объяснения тех или иных явлений, также представленных как концепты – эффективность, успешность, сработанность, психологическая совместимость, удовлетворенность жизнью и пр.). Согласно канонам научности, решение таких задач требует формирования сравнительно больших «представительных» выборок, стремления к изучению и описанию их особенностей, характеризующихся нормальным распределением (что позволяет использовать большой арсенал методов статистики, применять для расчетов как первичные, так и вторичные статистики, сопоставлять результаты независимых исследований и др.).

Показательно, что названные выше особенности решения задач в академической психологии транслируются и на разработку научного инструментария, позволяющего продвигаться в решении традиционных задач – детализации «старых» концептов и описания новых. Назовем лишь некоторые аспекты типичных алгоритмов разработки новых методик: выделение нового концепта вследствие неудовлетворенности «старым»; гипотетическое описание его свойств; подбор под это описание «пунктов» опросника; пилотаж; отбраковка «не работающих» «пунктов» (т. е. результатов, не отвечающих сформулированной концепции и не представляющих нового концепта как целостности и единства всех проявлений); добор новых «пунктов», соответствующих авторским представлениям о «должном»; проведение статистических проверок, подтверждающих соответствие отобранных «пунктов» новому концепту, в том числе проверки корреляций новой методики со «старыми» методиками).

Потенциал методов параметрической статистики при их комбинациях и внимании к «оборотной стороне медали» позволяет переходить

к решению новых классов задач, расширяя замкнутые «круги» взаимной обусловленности фрагментов НИР. Один из путей – учет в наших расчетах «*коэффициентов объектов факторов*» (КОФ), позволяющих изучать *уникальность субъекта и социальных групп*. (На формальном языке статистики, обозначающем людей как «объекты», использование КОФ как статистик может быть серьезным приближением к истинным целям нашей работы.) *Проблема*: поиск и разработка интегративных подходов в научно-исследовательской (НИР) и научно-практической работе (НПР), ориентированных на изучение индивидуальности человека как субъекта деятельности и социальных групп. *Цель*: изучение инструментальных возможностей стандартных методов параметрической статистики в реализации интегративных подходов в НИР и НПР.

### **Спорт высших достижений: научно-прикладные работы и задачи**

Если в деятельности психолога приоритетными выступают не научно-исследовательские работы (НИР), а научно-прикладные работы (НПР), что остро актуально в сфере спорта и спорта высших достижений (СВД), то на первый план выдвигаются вопросы индивидуальности человека, особенности каждой социальной группы (спортивной команды; связки тренер—спортсмен). И уже это требует пересмотра многих «канонов». Так, например, в нашем опыте преодоления аналитизма и концептуализма типичных НИР мы использовали нетипичные для психологов статистики – «*коэффициенты объектов факторов*». Обратим внимание, что *коэффициенты объектов факторов (КОФ) выступают «зеркальными» статистиками тех, которые традиционно широко используются психологами – нагрузками переменных на фактор (факторными нагрузками, факторными «весами»)*, статистик, отражающих меру влияния, «вклада» анализируемых переменных в выделяемый фактор (концепт). Эти «зеркальные» статистики отражают количественную меру ответственности человека этому концепту; человек как бы получает свои дополнительные, интегральные «измерения» в этом новом пространстве, новые измерения, равные числу выделяемых факторов. (Расчеты КОФ выполняются «по умолчанию», если в соответствующих опциях поставить «галочки»; т. е. дело не в предложении новых концептов, а в использовании дополняющих статистик, дополняющие – традиционно используемые.)

Если в типичных НИР и НПР, например, оперирующих корреляциями и факторными «весами» анализируемых характеристик, каждый

отдельный обследуемый рассматривается как частица общего, как элемент концепта «идеального эмпирического объекта» или «идеального теоретического объекта» (по В. С. Степину), то при оперировании КОФ каждый человек выступает как самостоятельная и значимая величина, как полноценная «единица» анализа, как «интеграл», представляющий собой собственные характеристики человека как субъекта. Так, например, в СВД, точнее, в спортивной психологии и педагогике, можно выделить несколько классов задач, принципиально отличающихся от решаемых в академической психологии. Первый — *прогноз успешности спортсмена* в актуальной перспективе. «Спортивная жизнь» коротка; успехи в детском спорте не могут служить основанием для прогноза в молодежном, успехи в молодежном — для прогноза успешности во «взрослом» (ввиду разных темпов физического и психофизиологического созревания людей; высокой роли педагогических технологий тренера и его профессиональной одаренности; меры включенности тренера и спортсмена в систему спортивных мероприятий; почти неизбежности спортивных травм и мн. др.). Второй — *управление спортивной тренировкой* (ввиду того, что даже самые выдающиеся тренеры «всего лишь люди» и как профессионалы формируются в процессеобретения опыта подготовки мастеров международного класса, в состоянии физической, технической, тактической, психологической подготовки их подопечных всегда есть недочеты). Одним из путей решения этого комплекса задач является коррекция их *стилей деятельности*.

В нашем опыте, используя авторские методики в работе с членами сборных команд страны по дзюдо, при факторных решениях обычно выделялись 4–6 хорошо интерпретируемых факторов, один из которых получал название «*спортивное мастерство*», другие — типовые «*стили деятельности*» (атакующий-силовой, атакующий-темповой, контратакующий-игровой и т. п.). Предварительные опросы тренеров сборных команд как экспертов показали довольно тесные корреляции экспертных оценок и КОФ: «*спортивное мастерство*» — в интервалах  $r=0,700-0,800$ ; разные стили —  $r=0,450-0,750$ .

### **Профессиональная деятельность: научно-прикладные работы и практические задачи**

В работе с представительной выборкой менеджеров мы имели наборы эмпирических данных, полученных посредством двух стандартных личностных методик (УСК и 16PF) и двух исследовательских. Резуль-

таты первичного анализа (ФА) были удовлетворительными, согласно объясняемой дисперсии и содержанию выделяемых факторов: 6 факторов *компетенций*, 6 – *стилей делового общения* и 10 – *психодиагностических факторов*. В каждом случае нами фиксировались и коэффициенты объектов факторов (КОФ) – те числовые значения, которые при фактором анализе получал каждый обследуемый. При последующем ФА полученных трех групп КОФ было выделено 10 новых интегральных и хорошо содержательно интерпретируемых факторов, в соответствии с которыми каждый из обследуемых также получал свои десять интегральных КОФ – коэффициентов, в которых обобщались особенности выраженности его компетенций, стилей и личностных черт, представленных в каждом факторе, обобщающих всю доступную информацию о человеке.

10 интегральных факторов в соответствии с нагрузками переменных получили следующие названия: 1-й – «Командный лидер» («Играющий тренер»); 2-й – «Идейный» («Поддерживающий лидера»); 3-й – «Логик» («Поддерживающий правила»); 4-й – «Прагматик» («Центральный нападающий»); 5-й – «Либерал» («Поддерживающий конкретные решения»); 6-й – «Командный игрок» («Мотивация причастности»); 7-й – «Нормоэксперт» («Поддерживающий правила и процессы»); 8-й – «Фасилитатор» («Поддерживающий психологический климат»); 9-й – «Рефлексирующий» («Анализирующий действия членов команды»); 10-й – «Идеолог» («Контролирующий ценности группы»). Эти 10 факторов, отражали 10 разных социальных ролей участников совместной профессиональной деятельности, типовых, в разной степени выраженных ролей членов рабочих групп, членов «команды». Принципиально важно, что выделенные 10 ролей можно рассматривать как типовые, как своеобразные *инварианты*, проявляемые в разных социальных группах – в спортивных и управленческих командах, креативных, антикризисных и пр. Привлечение дополнительных данных – *коэффициентов объектов факторов* – наряду с типичными, используемыми психологами коэффициентами корреляции, факторами, факторными нагрузками переменных «высветили» нечто более важное, чем характеристики отдельной обследованной нами группы менеджеров. Можно предполагать, что реализация обсуждаемого варианта интегративного подхода позволила выделить наряду с описанием специфической выборки важные инварианты устойчивых социальных структур – типового распределения социальных ролей и функций в эффективных рабочих группах.

## Стандартные методы статистики и перспективы изучения социальных объектов

Выделим лишь одну из актуальных научных и практических проблем. В социальных группах, в разных видах деятельности наряду с направленным подбором и отбором быстро актуализируются неконтролируемые процессы *самоорганизации* людей. Одна из форм *самоорганизации* – феномен «*психологические ниши*», когда в границах вида деятельности, специализации, отдаленного от центра филиала и т. п. формируются доминирующие группы лиц со специфическими индивидуально-психологическими особенностями, стилями деятельности, стилями общения; группы, которые активно «отбраковывают» представителей других типов (Толочек, 2017; 2019). Благодаря трудам Б. Ф. Ломова и др., в отечественной психологии утвердилось понятие «*системообразующий фактор*», которое, согласно устоявшимся традициям, также интерпретируется как некоторый абстракт, концепт, объясняющий зарождение и функционирование другого, более сложного концепта. Но в качестве «*системообразующего фактора*» можно рассматривать и людей, выступающих инициаторами становления и функционирования разных социальных эффектов, в том числе «*психологических ниш*». Выявление КОФ участников таких групп позволяет легко выделять лиц с наибольшей выраженностью тех или иных свойств, концентрированно отраженных данным фактором; лиц, имеющих высокие значения КОФ по нескольким ключевым факторам (иначе «универсалов», которыми обычно и бывают харизматичные лидеры).

### Выводы

1. Расширение вариантов анализа и описания массивов эмпирических данных повышают надежность получаемых результатов, компенсируя ограничения методических средств научного исследования.
2. Редко используемые статистики (коэффициенты объектов факторов), сопряженные с процедурами статистических расчетов, и часто используемые (нагрузки переменных на фактор и т. п.) могут выступать как дополняющие и многоразъясняющие особенности эволюции и функционирования изучаемых фрагментов социальной действительности.

## **Литература**

- Головина Г. М., Савченко Т. Н.* Удовлетворенность жизнью и направленность на социальное сравнение людей разных динамических типов // Институт психологии Российской академии наук. Социальная и экономическая психология. 2021. Т. 6. № 4 (24). С 55–57. URL: <http://soc-econompsychology.ru/engine/documents/document199.pdf>.
- Машкова А. С.* Феномен «компетенции»: Оценки компетенций менеджеров (факторы предпочтений) // Вестник Моск. ун-та. Сер. 14. «Психология». 2021. № 1. С. 57–78. doi: 10.11621/vsp.2021.01.03
- Толочек В. А., Краюшенко Н. Г.* Психологические факторы специализации и успешности в видах охранной деятельности // Вестник Моск. ун-та. Сер. 14. «Психология». 1998. № 3. С. 52–63.
- Толочек В. А.* Феномен психологических ниш в пространстве спортивной деятельности // Вестник Моск. ун-та. Сер. 14. «Психология». 2017. № 2. С. 29–44.
- Толочек В. А.* «Психологические ниши»: топос и хронос в детерминации профессиональной специализации субъекта // Вестник Моск. ун-та. Сер. 14. «Психология». 2019. № 1. С. 195–213.

## **Combinations of statistical methods in the study of the uniqueness of the subject and groups**

*V. A. Tolochek (Institute of Psychology of RAS, Moscow),  
A. S. Mashkova (Institute of Psychology of RAS, Moscow)*

On examples of studying the styles of activity and skill of athletes of the highest ranks; the study of competencies, personality traits and features of business communication styles of managers (low and middle managers), the potential of parametric statistics methods is discussed. It is shown that rarely used statistics (coefficients of factor objects – KOF), associated with the procedures of statistical calculations, and often used (loading variables on the factor etc.) can act as complementary and explaining a lot the features of evolution and functioning of the studied fragments of social reality. In the sport of the highest achievements, the KOF of athletes is closely correlated with the expert assessments of the coaches of the severity of the styles of activity and the level of skill of the wrestlers; in the samples of managers, they make it possible to identify invariants of typical social roles of members of working groups (teams).

*Keywords:* statistics, coefficients of factor objects (COF), uniqueness, athletes, sportsmanship, styles of activity, managers, social roles.

## **ПРИМЕНЕНИЕ КОВАРИАЦИОННОГО АНАЛИЗА С ПРИНЦИПОМ «СКОЛЬЗЯЩЕГО ОКНА» ДЛЯ ОЦЕНКИ СВЯЗНОСТИ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ<sup>1</sup>**

*В. В. Апанович (Институт психологии РАН, Государственный академический университет гуманитарных наук, Москва)*

*Д. Л. Гладилин (Институт психологии РАН, Московский государственный психолого-педагогический университет, Москва)*

Описан метод ковариационного анализа для решения задачи оценки динамики взаимосвязи двух нестационарных временных рядов. Предлагается применение принципа «скользящего окна» для возможности анализа степени взаимосвязи на разных эпохах временных рядов. Ковариационный анализ в отличие от традиционно применяемых методов позволяет учитывать величину динамики показателей временного ряда при оценке взаимосвязи. При сопоставлении ковариационного и корреляционного анализов была показана большая степень устойчивости ковариационного анализа к зашумленности сигналов.

*Ключевые слова:* анализ временных рядов, ковариационный анализ, принцип скользящего окна.

В экспериментальной психологии и психофизиологии актуальной для ряда исследований является задача анализа временных рядов. Анализ временных рядов применяется во многих научных сферах (Keogh, 2003), но традиционно эта проблема разрабатывалась в эконометрике для анализа финансового рынка. В эконометрике существует ряд специфик анализируемых данных: неэкспериментальный характер полученных данных, косвенность экономических показателей, сильная вариабельность единиц измерения, проблема не стандартизированного измерительного инструмента, сильное влияние теоретических представлений авторов на результаты экономических измерений (Галочкин, 2021). Из-за этого применение статистических методов, разработанных в эконометрике, может быть затруднительным для использования в психологическом и психофизиологическом исследовании.

<sup>1</sup> Исследование выполнено при поддержке РНФ, проект № 23-18-00473.

Традиционно при анализе временных рядов решаются разные задачи: выявления трендов во временных рядах, прогнозирование (в том числе ретроспективное), кластеризация временных рядов, задача сегментирования временных рядов, уменьшение размерности временных рядов, задача поиска связи между временными рядами (Keogh, 2003).

Задача поиска связи двух временных рядов не столь разработана. Существующие методы, которые показывают связь двух временных рядов, имеют ряд недостатков. К примеру, кросс-корреляции подсчитывают связь двух временных рядов с учетом фиксированного сдвига в данных, из-за этого он не подходит в ситуациях, когда сдвиг двух временных шкал также варьируется. Метод минимальной прыжковой стоимости учитывает только прямые связи между временными рядами (Serria, Arcos, 2012). Помимо этого, кросс-корреляции и метод минимальной прыжковой стоимости учитывают связь на всем диапазоне данных в совокупности, а не динамику связи двух временных рядов во времени.

В силу того, что временные ряды экспериментально-психологических и психофизиологических данных зачастую обладают свойством нестационарности (Kislitsyn, 2019), необходимо проведение оценки взаимосвязи не только и не столько временных рядов по совокупности, сколько на отдельных эпохах. В условиях работы с нестационарными временными рядами возможны ситуации, при которых в разных эпохах анализа могут проявляться прямые, обратные и отсутствующие взаимосвязи.

Для решения поставленной задачи нами применялся принцип «скользящего окна» с шагом в одну точку анализа, что, с одной стороны, приводит к существенной пересекаемости между анализируемыми эпохами анализа, а, с другой — позволяет опосредованно учесть вклад каждой точки временного ряда и выявить точки демаркации, относительно которых возможно описание взаимосвязи отдельных эпох временных рядов.

### **Ковариационный анализ с принципом «скользящего окна»**

Для оценки взаимосвязи временных рядов нами применялся ковариационный анализ с принципом «скользящего окна». В качестве примера использовались следующие модельные данные (рисунок 1), в которые были заложены следующие эпохи: плато (Эпоха А); общий высокий рост показателей (Эпоха Б); низкий рост по одному показателю и пла-



Рис. 1. Модельные данные

то по другому (Эпоха В); разнонаправленный высокий рост показателей (Эпоха Г); однонаправленный высокий рост по одному временному ряду и низкий рост по второму (Эпоха Д); разнонаправленный низкий рост показателей (Эпоха Е); высокий рост по одному показателю и плато по другому (Эпоха Ж); общий низкий рост показателей (Эпоха З); разнонаправленный высокий рост по одному временному ряду и низкий рост по второму (Эпоха И).

На рисунке 2 показано, что эпохам с отсутствующей динамикой (Эпохи В, Ж) и плато (Эпоха А) соответствуют околонулевые ковариации. Эпохе с высокой однонаправленной динамикой показателей (Эпоха Б) соответствуют высокие положительные значения ковариаций. Эпохе с высокой разнонаправленной динамикой (Эпоха Г) соответствуют высокие отрицательные значения ковариаций. Эпохе с высоким однонаправленным ростом по одному показателю и низким ростом по второму (Эпоха Д) соответствуют средние положительные



Рис. 2. Ковариации, построенные по принципу «скользящего окна»

значения ковариаций. Эпохе с низкой разнонаправленной динамикой показателей (Эпоха Е) соответствуют низкие отрицательные значения ковариаций. Эпохе с низкой однонаправленной динамикой показателей (Эпоха З) соответствуют низкие положительные значения ковариаций. Эпохе с высоким разнонаправленным ростом по одному показателю и низким ростом по второму (Эпоха И) соответствуют средние отрицательные значения ковариаций. Ковариации, которые включают в анализ пересекающиеся эпохи, стремятся к нулю, что можно увидеть на рисунке 2.

### **Сопоставление ковариационного и корреляционного анализов**

Для коэффициента ковариации невозможен расчет уровня значимости, что несколько затрудняет работу с этим показателем, дальнейшая интерпретация может оцениваться только количественным методом. При этом применение коэффициента корреляции имеет в случае решения нашей задачи существенные ограничения.

Коэффициент ковариации имеет единицы измерения, выраженные в единицах стандартных отклонений фрагментов рядов, вошедших в анализ, т. е. ковариация отражает величину совместного изменения временных рядов. Корреляция не имеет размерности, связанной с масштабом включаемых в анализ данных, и поэтому корреляционный анализ не позволяет дифференцировать эпохи с существенным закономерным изменением показателей от эпох с невыраженной динамикой в том случае, если она закономерна. График «скользящего окна» корреляций (рисунок 3) показывает, что эпохи с динамикой разной выраженности представлены высоким уровнем корреляций. Стремящиеся к модулю единицы корреляции наблюдаются как в случае с выраженным ростом показателей по обоим временным рядам (эпохи Б, Г), так и в случае взаимосвязи с одним (эпохи Д, И) и в меньшей степени даже обоими (эпохи Е, З) рядами с невыраженной динамикой. Ковариационный анализ таким образом дает дополнительную информацию о выраженности динамики при оценке взаимосвязи. Можно говорить о том, что эпохи с динамикой разной выраженности слабо дифференцируются друг от друга в отличие от применения ковариационного анализа.

Важным аспектом при применении ковариационного анализа является соотношение сигнал—шум. При составлении модельных данных на эпохи с разной степенью выраженности динамики накладывался Гауссов шум. При включении в модель шума разной степени



**Рис. 3.** Корреляции, построенные по принципу «скользящего окна»

интенсивности ковариационный и корреляционный анализ демонстрируют разную степень дифференцирования эпох с динамикой разного уровня. При уровне шума, стремящемся к нулю, корреляционный анализ (рисунок 4) показывает крайне высокие степени взаимосвязи в эпохах анализа Б (выраженный рост по обоим показателям), Д (выраженный рост по одному показателю и невыраженный по второму), З (невыраженный рост по обоим показателям), на основе чего можно сделать вывод о невозможности различения данных ситуаций методом корреляционного анализа. При увеличении уровня шума корреляции между временными рядами по этим же эпохам снижаются, и при чрезмерно высоком уровне шума взаимосвязи не наблюдаются,



**Рис. 4.** Динамика корреляций при разной степени шума.

По оси абсцисс указан уровень шума, по оси ординат – величина корреляций

а данные ситуации снова становятся недифференцируемыми. Ковариационный анализ (рисунок 5), напротив, демонстрирует большую устойчивость к изменению уровня шума.



**Рис. 5.** Динамика ковариаций при разной степени шума.

По оси абсцисс указан уровень шума, по оси ординат – величина ковариаций

Оценка достоверности взаимосвязи временных рядов решалась при помощи соотношения процента объясненной дисперсии к проценту необъясненной (остаточной) при помощи стандартного метода, применяемого в регрессионном анализе (Дрейпер, Смит, 1986). Среди достоинств этого подхода можно отметить его возможное расширение на случай оценки взаимосвязи между тремя и более временными рядами.

## Заключение

В качестве дальнейших разработок предлагаемого метода можно предложить применение процедуры сегментации временных рядов (Keogh, Kasetty, 2003). Сегментация позволит выделять гомогенные по своей динамике ряды, к которым возможно применение разработанного нами метода.

Таким образом, нами был разработан метод оценки взаимосвязи временных рядов, который позволяет учитывать нестационарность и вытекающий из этого разный уровень взаимосвязи временных рядов на разных эпохах. Разработанный метод, основанный на ковариационном анализе с принципом «скользящего окна», создает возможность оценивать взаимосвязь на разных интервалах временного ряда,

а также осуществлять количественную оценку взаимосвязи. Данный метод был нами апробирован на модельных данных и применен к экспериментальным данным, позволив интерпретировать нестационарную динамику временных рядов и выделять эпохи, характеризующиеся разной степенью и направленностью взаимосвязи.

## **Литература**

- Галочкин В. Т.* Эконометрика. Учебник для вузов. М.: Юрайт, 2021.
- Дрейнер Н., Смит Г.* Прикладной регрессионный анализ. Кн. 1. М.: Финансы и статистика, 1986.
- Keogh E. J., Kasetty S.* On the need for time series data mining benchmarks: a survey and empirical demonstration // Proceedings of the eighth ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining, 2002. С. 102–111.
- Kislitsyn A. A., Kozlova A. B., Korsakova M. B., Orlov Y. D.* Disorder indicator for nonstationary stochastic processes // Доклады Академии наук. 2019. Т. 484. № 4. С. 393–396.
- Serrà J., Arcos J. L.* A Competitive measure to assess the similarity between two time series // International Conference on Case-Based Reasoning. Berlin–Heidelberg: Springer, 2012. С. 414–427.

## **Using covariance analysis with the sliding window principle to assess the dynamics of non-stationary time series interrelationships**

- V. V. Apanovich (Institute of Psychology Russian Academy of Sciences, Federal State Budgetary Educational Institution Moscow State University of Psychology and Education, Moscow),*  
*Gladilin D. L. (Institute of Psychology Russian Academy of Sciences, State Academic University of the Humanities, Moscow)*

The covariance analysis method for solving the problem of estimating the dynamics of the relationship between two non-stationary time series is described. We suggest applying the “sliding window” principle for the possibility to analyze the degree of interconnection at different epochs of time series. The covariance analysis, unlike traditionally used methods, allows us to count the magnitude of the dynamics of time series indicators when evaluating the relationship. When comparing the covariance and correlation analyses, we have noted a greater degree of stability of covariance analysis to signal noise.

*Keywords:* time series analysis, covariance analysis, sliding window principle.

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ САМООРГАНИЗАЦИИ ГЕНЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПСИХИЧЕСКОЙ РИГИДНОСТИ

*К. Г. Языков (Научно-исследовательский Томский государственный университет, Томск)*

. Реализуется способ определения генетической психической ригидности с помощью компартментно-кластерного метода. Показан способ определения фазового пространства признаков психической ригидности в отношении их наследуемости. Показано, что объем фазового пространства психической ригидности родственных групп одинаков, но асимметрия хаотического и стохастического центров существенно различна. Это свидетельствует о высокой флуктуации свойств психической ригидности в группе потомков.

*Ключевые слова:* психическая ригидность, самоорганизация, компартмент-кластерный анализ.

## **Введение**

В исследовании наследуемости психологических свойств используются преимущественно классические методы количественной генетики, основанные на представлении об олигогенной или полигенной природе признака. Высокая степень сложности и слабая содержательность психологических признаков определяет поиск и выбор сопоставимых по семантике методов анализа их вероятной природы (Лильин и др., 2013). Основной чертой генетических структур является их становление, основанное на принципах самоорганизации и аутопоэзиса. Ближайшим эвристическим подходом к анализу систем complexity в настоящее время являются синергетические методы (Еськов, 2005; Еськов и др., 2013).

Для реализации этого подхода предлагается относительно хорошо разработанный системный признак, имеющий сквозной характер влияния на поведение человека. Его пронизаемость включает свойства нервной системы и нейрофизиологический уровень вплоть до свойств личности. Таковым можно считать свойство психической ригидности (ПР) (Залевский, 1993).

Использование синергетических методов в психологии ограничивалось невозможностью их применения в силу слабой потоковой подвижности методов регистрации свойств. В биомедицине и психологии практически не работают с потоками — длинными сериями; идентификация признаков всегда проводится дискретно небольшим числом замеров; они проводятся лишь несколько раз.

В настоящее время для целей оценки такого рода динамических свойств системы признаков разработан специальный математический аппарат в виде компартментно-кластерной теории биосистем (ККТ). ККТ-моделирование возникло в ответ на непотоковый, дискретный характер получения данных. В этих условиях разработан метод минимальной реализации. В рамках одного из типов реализации теории хаоса—самоорганизации учитывается статистическая неустойчивость выборок параметров вектора психологического состояния организма с хаотическим движением в  $m$ -мерном пространстве.

Методологической основой исследования является синергетическая концепция в постановке реализующих методов, разработанных в школе В. М. Еськова (Eskov et al., 2012).

Целью работы является определение свойств метода в рамках одного из направлений синергетики в определении генетической связанности реализации фундаментального базального свойства стабильности психического реагирования в процессе развития личности.

Предметом исследования было определение наследуемых свойств психической ригидности с помощью ККТ.

## **Метод**

В исследовании приняли участие 45 лиц, составляющие 9 семей. Количество лиц варьировалось в зависимости от типа семьи от 3 до 12. Ряд семей представляли длинные генеалогические линии в пределах первой степени группы родства.

В определении свойств ПР использован Томский опросник ригидности (ТОР), состоящий из 6 шкал: Симптомокомплекс ригидности (СКР), аспект шкалы СКР Аффективная ригидность (АР), Сенситивной ригидности (СР), Установочной ригидности (УР), Ригидности как состояния (РСО), Преморбидной ригидности (ПР) и контрольная шкала Реальности (ШР).

В исследовании использовали положение, что не вариабельность параметра, а объем фазового пространства (ФП) совокупности при-

знаков (рассчитывается по произведению граней параллелепипеда) является квазиаттрактором состояний. Состояние изменения описывается изменением объема квазиаттрактора. Размерность ФП определяется объемом многомерного параллелепипеда в  $G$ -гиперпространстве  $m$  шкалируемых признаков теста ( $m=6$ ).

Объем параллелепипеда  $V_G$  вычисляли как произведение интервалов вариабельности значений отдельных теста шкал, характеризующих свойство ригидности следующим образом:  $V_G = \prod_i^m D_i$ ;  $D_i = x_{i(\max)} - x_{i(\min)}$ .

Стохастический центр определяется средним значением количественной оценки шкал ТОР ( $x_s$ ). Хаотический центр рассчитывается как среднее между максимальным и минимальным значениями показателя данного кластера больных:  $x_h = (x_{i(\max)} - x_{i(\min)})/2$ . Асимметрия  $R_{as}$  между центрами ФП определяется как эвклидово расстояние  $R_{as} = \sum \sqrt{(x_s - x_h)^2}$ .

### **Дизайн исследования**

Использовали корреляционный анализ для оценки сходства признаков шкал ТОР между родственниками первой группы родства (классы «родители—дети»; межклассовый коэффициент корреляции).

Для оценки фазового пространства ПР исследовали параметры ФП пар родителей и потомков. Сравнивали размерности ФП и различия хаотических и стохастических центров (качество асимметрии). Таким образом, исследовали 2 кластера родственных групп (родителей и потомков) относительно флуктуирующего свойства ПР в структуре единой генетической системы в процессе их самоорганизации и сохранения фенотипических свойств ПР.

### **Результаты**

Оценки корреляции «родители—дети» в данной выборке показали, что достоверно значимыми оказались корреляции между такими признаками, как АР. Значимую корреляцию имеет признак, интерпретируемый в шкалах ПР как актуальная ригидность, АР (АР есть аспект симптомокомплекса ригидности СКР). Оценка  $R_{po} = 0,34$ . Актуальная ригидность (объективная ригидность в отношении изменения мнения, отношения, установки) как существенная часть реализованной ригидности, как видно, имеет наибольшую взаимосвязь в системе ПР.

**Таблица 1**  
Показатели ФП квазиаттракторов ПР

Показатели ФП	Кластер «родители»	Кластер «потомство»
Объем ФП, $V_G$	283,5	287
Асимметрия, $R_{as}$	70,14	1323,7

Фазовое пространство (ФП) образовано ортогональными векторами всех вышеуказанных показателей (свойств психической ригидности). Каждая группа (кластер) родственников (первая степень родства: кластер родителей и кластер потомства) представлена квазиаттрактором с собственными стохастическим и хаотическим центрами в фазовом пространстве. Разница между этими центрами определяет их асимметрию в стохастически-хаотическом режиме флуктуаций и развития поведенческих свойств генетически связанных систем. Данные ФП родственных групп и асимметрия центров квазиаттракторов приведены в таблице 1.

Расчеты объемов фазового пространства показывают, что они совпадают, однако асимметрия (различие между стохастическим и хаотическим центрами) существенно различна. В ФП «потомков» она превышает ФП «родители» в 17,5 раз. Флуктуация ФП «потомков», следовательно, хаотичность ФП существенно выше. Результаты показывают, что динамика показателей ПР флуктуирует с высокой интенсивностью внутри одинакового объема ФП (стационарной динамики).

## Заключение

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что ККА может служить дополнительным методом в оценке флуктуации поведения генетических систем в реализации фенотипической изменчивости системных признаков. Можно увидеть, в каких динамических масштабах ведут себя сложные, пока еще слабо семантически организованные, генетически опосредованные признаки. Работы психологов в обосновании таких сложных признаков дают основания для пока лишь вероятной множественной биологической интерпретации их существования, как реальных, в том числе и используемых нами в данном исследовании.

Можно предположить существенно более высокую изменчивость психологического признака в следующем поколении в результате усложнения средового давления социальной среды. На это указывает высокий показатель наследуемости АР эмоционального аспекта основного показателя ригидности, симптомокомплекса ригидности. Также следует указать на факт того, что в группе потомков размах вариации АР ( $R=20$  – «родители»,  $23$  – «потомки») наиболее высокий после СКР ( $R=120,5$  – «родители»,  $122,5$  – «потомки»). Можно проследить, учитывая семантическую неопределенность признака такого рода, как ригидность, вклад эмоциональной составляющей в реализацию признака. Хаотизация вектора ПР указывает на высокую степень изменчивости, но природу этого явления, очевидно, пока трудно объяснить.

Применение синергетических методов, вероятно, позволит с учетом множественной интерпретации в отношении генетико-статистической оценки наследуемости как дополнительной проследить динамику изменчивости, в том числе учитывая существенно нелинейную природу реализации генетической информации психологических признаков.

## **Литература**

- Залевский Г. В.* Психическая ригидность в норме и патологии. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1993.
- Еськов В. М., Живогляд Р. Н., Паншев В. А.* и др. Системный анализ и компьютерная идентификация синергизма в биологических динамических системах // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2005. № 1. С. 108–111.
- Еськов В. В., Вохмина Ю. В., Гавриленко Т. В., Зимин М. И.* Модели хаоса в физике и теории хаоса-самоорганизации // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2013. № 2. С. 42–57.
- Лильин Е. Т., Трубников В. Н., Ванюков М. М.* Введение в современную фармакогенетику. М. Медицина, 1984.
- Eskov V. M., Eskov V. V., Filatova O. E., Filatov M. A.* Two types of systems and three types of paradigms in systems philosophy and system science // Journal of Biomedical Science and Engineering. 2012. V. 5. № 10. P. 602–607.

## **Determination of self-organization of genetic systems of mental rigidity**

*K. G. Yazykov (Scientific-research State University, Tomsk)*

A method for determining genetic mental rigidity using the compartmental-cluster method is implemented. A method for determining the phase spaces of signs of mental rigidity in relation to their heritability is shown. It is shown that the volume of the phase space of mental rigidity of related groups is the same, but the asymmetry of the chaotic and stochastic centers is significantly different. This indicates a high fluctuation in the properties of mental rigidity in the group of descendants.

*Key words:* Psychic rigidity, self-organization, compartment-cluster analysis.

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЧЕВЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СЛОВЕСНЫХ ТЕКСТОВ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ПРИ САМОРЕГУЛЯЦИИ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ ЛИЧНОСТИ: КОМПЬЮТЕРНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ АСПЕКТ<sup>1</sup>

*С. А. Изосимова (Институт проблем искусственного интеллекта,  
Донецк)*

izosimova.snezhana@mail.ru

*И. С. Сальников (Институт проблем искусственного интеллекта,  
Донецк)*

irinka19@gmail.com

*В. Н. Пигуз (Институт проблем искусственного интеллекта, Донецк)*

maxpvn77@gmail.com

*К. С. Ивашко (Институт проблем искусственного интеллекта, Донецк)*

kristi\_8@mail.ru

На основе анализа процесса нейросетевой компьютерной лексико-семантической обработки текстов и речевой деятельности авторы исследуют и определяют речевые особенности и функциональные характеристики словесных текстов, используемых при саморегуляции психоэмоциональных состояний личности. В частности, особое внимание уделяется компьютерно-информационному аспекту данного процесса.

*Ключевые слова:* речевые особенности, функциональные характеристики, тексты, саморегуляция, психоэмоциональное состояние личности, вербальность.

- 
- 1 Исследование выполнено по теме НИР «Исследование эффективного использования безмедикаментозных методов и средств интеллектуально-духовной терапии и прагматических особенностей искусственного эмоционального интеллекта для целей саморегуляции психоэмоциональных состояний личности».

## **Нейросетевая компьютерная лексико-семантическая обработка текста и речевой деятельности**

Процессы обработки текстов и речевой деятельности обладают сходной основой — лингвистическими представлениями. Но первичная обработка при анализе текстов обладает рядом отличий от первичной обработки речевой деятельности (речевой волны) (Верани, 2010; Выготский, 1982; Сальников, 2023; Rosenfield et al., 2003). При обработке текстов внимание уделяется анализу символов текста. При распознавании речевой деятельности прежде всего анализируется последовательность акустических событий, интерпретированная и воплощенная в терминах фонетических элементов.

На данный момент в задачах по обработке текстов и распознавания речи используют перцептроны для формирования так называемой «модели языка». При этом эмоциональный аспект полностью замещается информационным, а также биологическим, т. е. реакцией нервной системы человека на полученную информацию, деятельностью возбуждающих и тормозных синапсов и т. д.

Ассоциативная память базируется на основании различного воздействия на синапсы и нейроны коры, подкорки и различных областей головного мозга. В компьютерном аналоге ассоциативная память базируется на нейроподобных элементах с суммацией поступающих извне сигналов. Одним из ее основных свойств является ассоциативное воспроизведение с динамическим формированием адреса в информационном поле. Устройства, сформированные на ее основе, называются динамическими ассоциативными запоминающими устройствами. Необходимо отметить, что прерогатива отдается исключительно информационному аспекту. Эмоциональный аспект поступающей информации не учитывается.

## **Компьютерный анализ речевой и текстовой информации**

Для анализа с последующей фильтрацией поступающей в речевом потоке фонологической информации необходимо использовать сформированный словарь звукотипов, что позволит использовать для этой цели акустико-фонетический уровень речевой деятельности. При этом из входной информационной последовательности часть информации сразу отфильтровывается. Также для каждого слова формируется последовательность транзем с фонемами. Транзема — элементарное акустическое событие, являющееся связующим элементом между

фонемами. Причина их появления — инерционность артикуляционного аппарата человека.

### **Фонетико-морфологический уровень**

На вход подается обучающая выборка фонетико-морфологического уровня, содержащая произвольное множество текстов. На выходе в принципе получается та же выборка, но в виде определенной структурированной последовательности транзем с купюрами на месте фонем, подлежащих фильтрации. Из полученной последовательности транзем в многомерном пространстве морфологического уровня формируются словари корневых морфем, префиксов, аффиксов, флективных морфем, т. е. окончаний, соответствующих различным грамматическим формам слов. Также здесь формируется словарь предлогов. На данном уровне и при данном подходе к анализу морфем эмоциональный уровень речевой деятельности не рассматривается.

### **Лексический уровень**

На вход фонетико-морфологического уровня подается обучающая выборка лексического уровня, содержащая множество реализаций слов оперативного словаря, т. е. словаря наиболее часто встречающихся слов. После фильтрации ранее сформированным фонетико-морфологическим словарем на выходе получаем множество реализаций слов, представленных в виде последовательности транзем с пробелами. Необходимо учитывать тот факт, что поскольку в формировании словаря слов участвуют разные словоформы каждого слова, то представление слов в словаре лексического уровня приобретает вид графа: ядро группы словоформ — основа слова; разнообразные сочетания флективных морфем в словообразующих формах, так называемая «бахрома».

На общелексическом уровне существует общепринятый принцип: увеличение количества прилагательных сознательный процесс восприятия текста замедляет. Поэтому тексты с обилием прилагательных в большинстве случаев носят описательный характер. Текст, насыщенный глаголами, чаще всего обладает повествовательным характером. Согласно исследованиям, обилие глаголов ускоряет сознательное восприятие текста. Включение в лексико-семантическую площадь текста прилагательных и причастий обуславливает работу воображения

и создание гипнотического (даже медиативного) эффекта для читателя. Однако использование трех и более прилагательных подряд затрудняет восприятие текстовой информации и является ярким примером дурновкусия. Для создания определенного (экспрессивного) эмоционального настроения можно использовать междометия. Например: «ура», «ох», «ах», «ой» и пр.

### **Синтаксический уровень**

Базовым элементом синтаксической конструкции является синтаксема. «Синтаксема – словоформа данной синтаксической конструкции, оформленная ее морфологическими атрибутами» (Верани, 2010). В связи с развитием компьютерной лингвистики множество сопровождающих правила примеров развилось до декларативного представления синтаксических знаний, т. е. полного перечисления всех синтаксических конструкций.

После фильтрации вышеуказанными словарями на входе синтаксического уровня мы получаем множество синтаксем, состоящих из последовательностей предлогов и флективных морфем с купюрами вместо отфильтрованных корневых основ. Синтаксема – последовательность акустических событий, содержащая исключительно флективную структуру предложения. Из данных единиц формируется словарь синтаксем, в основе которого – единицы данного уровня с общностью звуковой формы, флективной структуры. Данные словари участвуют в организации семантического уровня обработки информации, однако не содержат эмоциональной нагрузки. Синтаксемы и флективные морфемы обладают грамматическим смыслом, описывая отношения между объектами.

### **Квазисемантический уровень**

В повседневной жизни человек оперирует не языковой, а мультимодальной образной моделью мира. Семантика отражается не столько в языке, сколько в виде моделей сочетаемости слов. Конечным итогом подобной сочетаемости становится семантическая сеть. В результате формируются словари сочетаемости слов. При этом следует учитывать следующий момент: в случае представления семантической информации сеть опосредует модель мира полностью. Источником знаний прагматического уровня являются частные сети для соответствующих

предметных областей (ситуаций). Однако именно корневая основа является носителем лексического значения слова.

Подводя итог, отметим, что ассоциативная сеть для анализа может быть сформирована как для отдельного текста, так и для группы. Главное условие, чтобы данное множество текстов охватывало одну предметную область либо соответствовало нескольким обозначенным предметным областям. Таким образом на основе текстового представления формируется предметная модель мира: сформированная в результате данной обработки ассоциативная сеть содержит основные понятия исследуемых предметных областей и лексико-семантические связи между ними. Следует учитывать, что для каждого понятия сети его ближайшие соседи являются его семантическими признаками. Данным путем возможно формирование эмоционального искусственного интеллекта. Это не утопия, потому что способность чувствовать не означает способность распознавать и понимать (анализировать) чувства. В широком значении термин «эмоциональный искусственный интеллект» означает совокупность навыков и способностей. Т. е. это обучаемая область. Каждый человек обладает эмоциональным интеллектом, но разной степени развития. Кроме того, робот может распознавать, но не испытывать эмоции, в результате чего он априори не обладает предвзятым мнением и не ответит агрессией на агрессию. А также не поддается на провокации. Современные технологии искусственного интеллекта обладают комплексным характером, объединяя разработки сразу нескольких научных дисциплин: социологии и лингвистики, психологии и нейробиологии, т. е. компьютерных и когнитивных наук.

Диапазон распознавания человеческих эмоций, которые считаются с помощью биометрических датчиков, чрезвычайно разнообразен. Полученные данные обрабатываются алгоритмами машинного обучения, в результате определяя способ, тип, тональность, а значит — эмоциональность ответной реакции. Можно утверждать, что эмоциональный ИИ станет эффективным помощником не только для специалистов-психологов, но и для любого человека, занимающегося самопознанием, совершенствованием своего эмоционального интеллекта и саморефлексией.

Языковая информация обладает многоуровневой структурой, поэтому построение системы источников знаний является нетривиальной задачей из-за необходимости интеграции разнородной информации.

## **Сентимент-анализ**

Сентимент-анализ — один из подразделов эмоционального искусственного интеллекта (ИИ), а также новое направление исследований вычислительной лингвистики. Его основополагающая цель — определение эмоциональной смысловой окраски прозвучавшего высказывания. Какая она: нейтральная, позитивная или негативная? Объектом исследования выступает сентимент (тональность) — первичная эмоциональная оценка сообщаемого, т. е. любое настроение либо когнитивно-аффективное состояние, выраженное словами и предложениями. Тональность (сентимент) определяется тремя факторами: тот, кто выражает оценку — субъект; то явление, предмет или человек, о чем или о ком выражена оценка — объект; качественная характеристика процесса оценивания, т. е. как оценили (в большинстве случаев позитивно, негативно или нейтрально). При этом надо помнить, что в одном предложении могут содержаться прямо противоположные оценки — как позитивная, так и негативная.

На данный момент для проведения сентимент-анализа используется трансформенная модель, аналоговая BERT. Одной из наиболее распространенных задач в сфере эмоционального ИИ является распознавание эмоций в речевом канале. Из вышесказанного видим, что в большинстве случаев для построения модели применяются глубокие сети, на вход которым подаются различные представления звуковых сигналов: спектрограммы, хромограммы, последовательности наборов мел-кепстральных коэффициентов и т. п. (Исследование зависимости речевых параметров..., 2023).

При этом модель, распознающую эмоциональную окраску речи, необходимо обучить. Для этого используют специально подготовленную обучающую выборку. На сегодня наиболее широко используемым является язык разметки EmotionML 1.0. Он представляет возможные классификации эмоций. Также он содержит несколько основывающихся на научно обоснованных классификациях «эмоциональных словарей». Одна из данных классификаций предложена П. Экманом в 1972 г. и является так называемой «большой шестеркой»: отвращение, печаль, гнев, страх, счастье и удивление. Другой словарь разработан голландским психологом Нико Фрейдой, основан на концепции соответствия эмоций действиям и включает 12 эмоций: безразличие, высокомерие, гнев, желание, интерес, наслаждение, отвращение, покорность, смирение, страх, удивление и шок. На сего-

дня подобных словарей существует множество, но их единственной целью является «построить «эмоциональное пространство», т. е. такое представление, в котором каждая эмоция будет разделена на несколько независимых друг от друга компонент» (Исследование зависимости речевых параметров..., 2023). Однако чтобы добиться реальных объективных результатов (распознавания эмоций), необходима модель, получающая на вход мультимодальную информацию: некоторые элементы универсальны в отношении разных культур. Например, влияние испытываемой человеком эмоции на его голос. Другие специфичны для каждой конкретной культуры либо национальности. В качестве примера можно использовать язык. Не факт, что применим для определения эмоционального состояния у носителей другого языка.

Последующая разметка данных также является многофакторной и проблемной задачей: между разметчиками нет общности в эмоциональной оценке определенной фразы либо высказывания. Например, один человек может услышать в одной и той же фразе нейтральную окраску, другой печаль. На данный момент сформировано уже определенное количество датасетов для оценки эмоций. На 2009 г. их насчитывалось более 100. Однако таких мультимодельных и всеобъемлющих для оценки и анализа эмоциональной речи, как ImageNet или LibriSpeech, в публичном доступе пока не появилось (Rosenfield et al., 2003)

## **Литература**

- Верани А.* Роль внутренней речи в высших психических процессах // Культурно-историческая психология. 2010. № 1. С. 5.
- Выготский Л. С.* Собр. соч. В 6 т. Т. 2. М.: Педагогика, 1982. С. 108.
- Исследование зависимости речевых параметров от психоэмоционального состояния человека // Библиофонд. URL: <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=581501> (дата обращения: 14.02.2023).
- Сальников И. С.* Интеллектуальная лирика. Донецк: ГУ «ИПИИ», 2023.
- Rosenfield E., Massaro D., Bernstein J.* Automatic analysis of vocal of apparent mood or affect // USA Department of Psychology. University of California at Santa Cruz, 2003. URL: <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=581501> (дата обращения: 15.02.2023).

**Determination of speech features and functional characteristics of verbal texts used in self-regulation of psychoemotional states of personality—computer-informational aspect**

*I. S. Salnikov (Institute of Artificial Intelligence Problems, Donetsk),*

*S. A. Izosimova (Institute of Artificial Intelligence Problems, Donetsk),*

*V. N. Piguz (Institute of Artificial Intelligence Problems, Donetsk),*

*K. S. Ivashko (Institute of Artificial Intelligence Problems, Donetsk)*

Based on the analysis of the process of neural network computer lexico-semantic text processing and speech activity, the authors investigate and determine the speech features and functional characteristics of verbal texts used in self-regulation of psychoemotional states of personality. In particular, special attention is paid to the computer-information aspect of this process.

*Key words:* speech features, functional characteristics, texts, self-regulation, psychoemotional state of personality, verblity.

# ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДИКТОРЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ СТРЕСС-РЕАКЦИЙ: ВОЗМОЖНОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ<sup>1</sup>

*Б. А. Ясько (Кубанский государственный университет, Краснодар)*

shabela-1@yandex.ru

*Е. Р. Миронова (Кубанский государственный университет, Краснодар)*

jelenamironova@rambler.ru

*Г. С. Аксютенков (Кубанский государственный университет,  
Краснодар)*

gennady.axiutenkoff@yandex.ru

Обосновывается возможность применения методов математического моделирования в исследовании психологических предикторов стресс-регуляции личности путем анализа интегральной совокупности личностных подструктур различного иерархического уровня. Представлены полученные в рамках первого и второго этапов исследования математические модели, позволяющие прогнозировать уровень нервно-психической устойчивости респондента на основе индивидуального профиля личности и параметров эмоциональной креативности.

*Ключевые слова:* психологические предикторы стресс-регуляции, эмпирическая модель личности, методы математического моделирования психологических параметров, нервно-психическая устойчивость, личностные характеристики, когнитивные предикторы стресс-регуляции.

Актуальность исследования. Анализ современного состояния психологических знаний о стрессе и стресс-регуляции позволяет обозначить тенденцию переход от изучения и понимания стресса в качестве фактора, механизма или условия адаптации человека к среде к по-

<sup>1</sup> Исследование выполнено при поддержке Кубанского научного фонда, проект № НИП-20.1/22.36.

ниманию стресса в качестве явления более широкого, имеющего отношение к человеку как открытой саморазвивающейся системе (Бохан, 2019). Методологический потенциал такого подхода содержится в трудах Л. С. Выготского, Б. Г. Ананьева, П. К. Анохина, Б. Ф. Ломова, А. Н. Леонтьева, К. К. Платонова, В. С. Мерлина, а также в системно-антропологическом подходе А. Г. Асмолова, Б. С. Братуся, В. П. Зинченко, В. Е. Клочко, В. И. Слободчикова и др., развивающих идеи «целостного человека» как интегральной динамической психологической системы, образуемой индивидуально своеобразным взаимодействием ее разноуровневых свойств и характеристик. Субъектная репрезентация личности (как субъекта бытия и со-бытия, как субъекта деятельности и др.) определяет ее активность по отношению к внешней среде и обуславливает необходимость в изменяющихся условиях среды актуализации тех или иных системных комплексов ее свойств. В рамках данного подхода изучение поведения человека при воздействии стресс-факторов, поиск психологических предикторов регулирования стресс-реакций опираются на анализ интегральной совокупности личностных подструктур различного иерархического уровня, актуализируемых субъектом в ситуации переживания стресса.

В одной из публикаций (Ясько, 2020) мы отмечали, что при рассмотрении модели личности как открытой системы, образованной комплементарным взаимодействием разноуровневых личностных образований, состав каждого уровня определяется на основе экспериментально полученных данных в рамках конкретного эмпирического исследования. В проводимом исследовании, опираясь на концепцию динамической функциональной структуры личности К. К. Платонова, мы рассматриваем эмпирическую модель личности как интегральную совокупность ее нейродинамических характеристик, собственно личностных черт, параметров мотивационно-когнитивной сферы и субъектной репрезентации.

Целью данной статьи является обоснование возможности и доступности применения методов математического моделирования для выявления психологических предикторов регулирования стресс-реакций.

## **Выборка**

В исследовании принимают участие 201 респондент – врачи и сестринский персонал лечебных учреждений г. Краснодара, а также студенты выпускного курса Кубанского государственного университета.

Основным критерием включения респондентов в выборку является подверженность их влиянию стресс-факторов в момент проведения исследования.

### **Этапы исследования**

Целью первого этапа работы было обоснование математической модели, позволяющей прогнозировать благоприятный или неблагоприятный уровень нервно-психической устойчивости (НПУ) респондента на основе индивидуального профиля личности.

Уровень нервно-психической устойчивости респондентов как нейродинамическая характеристика измерялся с применением анкеты «Прогноз», позволяющей выявить отдельные предболезненные признаки личностных нарушений и оценить вероятность их развития и проявлений в поведении и деятельности человека (т. е. дифференцировать респондентов с признаками нервно-психической неустойчивости). Применение Фрайсбургского многофакторного личностного опросника (опросник FPI), включающего 12 шкал, позволило охарактеризовать личность на разных структурных уровнях (от нейродинамического — до социального). В качестве моделей были рассмотрены:

- регрессионная модель — для построения прогноза количественного показателя НПУ;
- модель классификации на основе дискриминантного анализа для бинарного фактора НПУ.

Полученная модель является параметрической математической моделью бинарной классификации и обосновывает возможность применения опросника FPI для прогноза с высокой долей вероятности неблагоприятного уровня нервно-психической устойчивости испытуемого (исключая объемную диагностику НПУ с использованием анкеты «Прогноз») (Ясько 2022).

Таким образом, результатом первого этапа исследования стало обоснование возможности и целесообразности применения методов математического моделирования в прогнозировании нервно-психической устойчивости личности.

В настоящее время реализуется следующий этап исследования, в рамках которого с применением методов математического моделирования планируется выделение и обоснование психологических предикторов когнитивного регулирования (КР) стресс-реакций. Когни-

тивный компонент модели личности в рамках нашего исследования будет представлен такими эмпирическими характеристиками, как рефлексивность (измеряемая с применением опросника А. В. Карпова для диагностики рефлексивности) и эмоциональная креативность (диагностируемая с помощью адаптированной версии опросника эмоциональной креативности Дж. Эверилла).

В качестве методов математического моделирования используются:

- корреляционный анализ для отбора статистически значимых предикторов в построении прогнозных моделей КР стресс-реакций;
- регрессионный анализ для построения предсказательных моделей по когнитивным компонентам модели личности;
- дискриминантный анализ для построения классификатора уровней КР по когнитивным компонентам модели личности.

Применение рангового коэффициента корреляции Спирмена не выявило статистически значимой связи между стресс-реакцией, определяемой на основе данных анкеты «Прогноз», и когнитивными компонентами, определяемыми рефлексивностью и эмоциональной креативностью. По диаграммам рассеяния была обнаружена разделимость влияния предикторов КР для респондентов с высоким уровнем НПУ, у которых значения показателя меньше 14, и менее устойчивых (см. рисунок 1). Были дифференцированы два класса респондентов: в первый вошли респонденты с высоким уровнем НПУ, во второй – респонденты с признаками нервно-психической неустойчивости. Коэффициент корреляции между эмоциональной креативностью (интегральный показатель) и показателем НПУ для первого класса респондентов равен  $-0,28$  ( $p=0,009$ ), для второго класса респондентов равен  $0,27$  ( $p=0,004$ ), т. е. наблюдается разнонаправленное влияние. В классе с высоким уровнем НПУ более высокие уровни эмоциональной креативности повышают устойчивость, а в классе менее нервно-психически устойчивых респондентов, наоборот, ее понижают. Из всех показателей эмоциональной креативности наибольшее влияние на стресс-реакцию оказывает фактор «Новизна»:  $\rho=-0,37$  ( $p=0,0005$ ) для первого класса и  $\rho=-0,4$  ( $p=0,00001$ ) для второго.

Показатели рефлексивности при разделении на классы по уровню НПС статистически значимого влияния на стресс-реакцию не показали.

П. К. Анохин подчеркивал, что «для формирования системы принципиальным является не столько простое взаимодействие какого-либо множества элементов, сколько получение интегрального, общего эф-

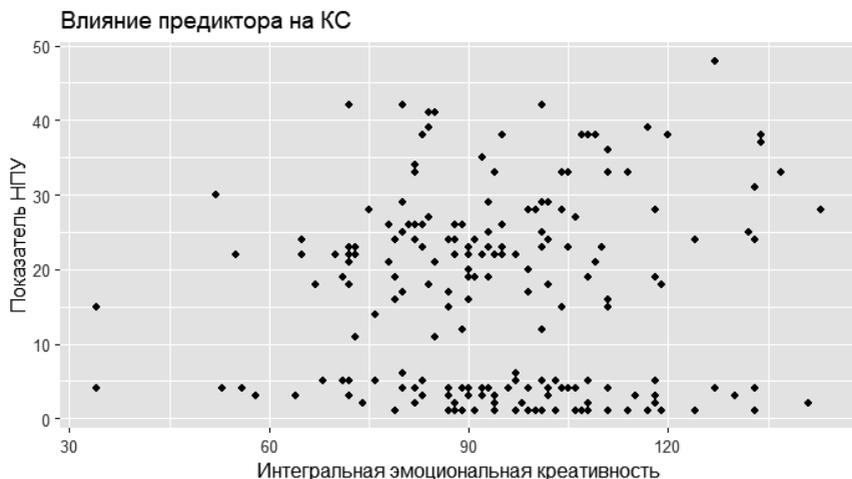


Рис. 1. Диаграмма рассеяния

фекта, результата, ради и благодаря которым вовлекаемые элементы множества организуются в систему» (Анохин, 1978). Т. е. при исследовании личности в рамках системного подхода результат, с одной стороны, должен иметь психологическое содержание, а с другой — выражаться в количественных интегральных показателях. Это определяет важность задачи поиска математических методов и процедур, позволяющих описывать и представлять психологические характеристики в их системной организации. Применение процедур математического моделирования в отношении диагностируемых разноуровневых личностно-психологических переменных позволяет описывать модель личности как систему и прогнозировать влияние описанной системы на изучаемый признак.

## Литература

Анохин П. К. Избранные труды: Философские аспекты теории функциональной системы. М.: Наука, 1978.

Бохан Т. Г. Психология стресса: системный подход: Учеб. пособие. Томск: ИД Томского гос. ун-та, 2019.

Ясько Б. А., Аксютенков Г. С. Прогностическое моделирование нервно-психической устойчивости личности на основе данных личност-

*Б. А. Ясько, Е. Р. Миронова, Г. С. Аксютенков*

ного профиля // Актуальные вопросы благополучия личности: психологический, социальный и профессиональный контексты: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Ханты-Мансийск, 17 ноября 2022 года. Ханты-Мансийск: Югорский гос. ун-т, 2022. С. 245–248.

*Ясько Б. А., Казарин Б. В.* Модель личности специалиста: методологическое обоснование и практическая востребованность // Организационная психология. 2020. Т. 10. № 4. С. 109–137.

### **Psychological predictors of stress response regulation: possibilities of mathematical modeling**

*B. A. Yasko, E. R. Mironova, G. S. Aksyutenkov*  
(*Kuban State University, Krasnodar, Russia*)

The article substantiates the possibility of using mathematical modeling methods in the study of psychological predictors of personality stress-regulation through the analysis of an integral set of personality substructures of different hierarchical levels. The mathematical models obtained within the framework of the first and second stages of the research are presented, which allow predicting the level of neuropsychic stability of the respondent on the basis of individual personality profile and parameters of emotional creativity.

*Key words:* psychological predictors of stress-regulation, empirical model of personality, methods of mathematical modeling of psychological parameters, neuropsychic stability, personality characteristics, cognitive predictors of stress-regulation.

## ЗАДАЧА СРАВНЕНИЯ ЭМОЦИОНАЛЬНЫХ ЭКСПРЕССИЙ: ОСОБЕННОСТИ ВОСПРИЯТИЯ СТЕПЕНИ РАЗЛИЧИЙ<sup>1</sup>

*А. В. Жегалло (Институт психологии РАН, Москва)*

zhegs@mail.ru

При выполнении сравнения сильно- и слабовыраженных эмоциональных экспрессий участники исследования для разных изображений сильновыраженных эмоциональных экспрессий дают разную оценку сходства с нейтральным лицом; для изображений слабовыраженных эмоциональных экспрессий завышают отличия от нейтрального лица и занижают отличия от соответствующих сильновыраженных экспрессий. При этом сохраняется линейность: различие между сильновыраженной эмоциональной экспрессией и нейтральным лицом равно сумме различий (сильная экспрессия, слабая экспрессия) + (слабая экспрессия, нейтральное лицо).

*Ключевые слова:* эмоциональные экспрессии, слабые экспрессии, сравнение, перцептивное притяжение.

В проведенном нами исследовании испытуемым было предложено выполнить сравнение эмоциональных экспрессий. В данной работе мы опишем результаты в части сходства между собой сильновыраженных экспрессий и спокойного лица; слабовыраженных экспрессий и спокойного лица; соответствующих сильно- и слабовыраженных экспрессий (Жегалло, Басюл, 2023).

Использованные нами изображения сильновыраженных экспрессий были предварительно валидизированы путем сравнения профилей оценки по шкале дифференциальных эмоций К. Изарда для эталонных изображений (натурщик JJ из базы POFA П. Экмана) и вновь отснятого материала. Проверка показала высокие корреляции между профилями, из чего был сделан вывод о валидности нового стимульного материала (Барабанщиков и др., 2016). Проводимый в настоящее время анализ вербализаций, обосновывающих результаты сравнения,

---

<sup>1</sup> Исследование выполнено при поддержке РФФ, проект № 20-68-47048.

показывает, что во всех эмоциональных вербальных портретах наиболее частотной является релевантная эмоция.

Насколько изображения сильновыраженных эмоциональных экспрессий отличаются от нейтрального лица? Теория «базовых» эмоций П. Экмана не дает на этот счет конкретных предсказаний. Ключевой особенностью «базовых» эмоций считается наличие сопровождающих их специфических коммуникационных сигналов, передающих наблюдателю информацию о состоянии коммуниканта. Интенсивность и продолжительность таких сигналов может снижаться вплоть до едва заметных проявлений, распознавание которых требует специальной тренировки (Ekman, 2003). В то же время распознавание сильновыраженных эмоциональных экспрессий в нормальных условиях не вызывает у наблюдателей затруднений.

Задание испытуемым было сформулировано следующим образом: «Оцените степень сходства между изображениями по предъявленной шкале: от 1 (совсем не похожие), через 5 (средняя степень сходства), до 9 (очень похожие)». Для удобства обсуждения мы далее переходим от оценок сходства к оценкам различия, так что максимальное различие составляет 8 баллов, минимальное – 0 баллов. Сравнение оценок различия для разных пар изображений выполнялось с помощью критерия Вилкоксона (ранговый критерий для связанных выборок). Наиболее отличны от нейтрального лица экспрессии страха (6,21) и отвращения (6,14). Значимо меньше ( $p \leq 0,006$ ) отличия для удивления (5,60) и гнева (5,51). Оценка для радости значимо меньше, чем для гнева (4,93;  $p = 0,003$ ). Оценка для печали значимо ниже, чем для радости (3,11;  $p < 10^{-3}$ ). Таким образом, репрезентативные изображения сильновыраженных эмоциональных экспрессий оцениваются наблюдателями как отличающиеся от нейтрального лица в разной степени.

Рассмотри теперь изображения слабовыраженных эмоциональных экспрессий. Данные изображения были получены выбором из раскадровки видеосъемки соответствующих переходных рядов так, чтобы степень различия в смысле  $1-r$ , где  $r$  – коэффициент корреляции Пирсона между векторами яркостей отдельных пикселей изображения составляла 40% от степени различия между опорными изображениями. Следует отметить, что данный способ оценки сходства применяется, например, в векторной модели различения стимулов (Соколов, 2010). Используемый способ выбора изображений слабовыраженных эмоциональных экспрессий естественным образом позволяет предположить, что воспринимаемая степень сходства

между изображениями слабовыраженных эмоциональных экспрессий будет составлять 40% от степени сходства между соответствующим изображением сильновыраженной экспрессии и нейтральным лицом.

Данная гипотеза проверялась с помощью критерия Мана–Уитни в одновыборочном варианте. Для экспрессий страха, гнева, отвращения, радости величина воспринимаемых различий между изображениями слабых экспрессий и нейтральным лицом значимо превышает теоретическое значение ( $p < 0,001$ ): страх (4,75; 2,48); гнев (4,22; 2,21); отвращение (3,71; 2,46); радость (3,60; 1,97). Для экспрессии печали величина воспринимаемых различий ниже теоретической (0,93; 1,24;  $p < 0,001$ ). Для экспрессии удивления значимые различия отсутствуют (2,68; 2,24).

Теоретическая степень сходства между изображениями соответствующих сильно- и слабовыраженных эмоциональных экспрессий должна составлять 60% от степени сходства между соответствующим изображением сильновыраженной экспрессии и нейтральным лицом. Для всех экспрессий, кроме печали, величина воспринимаемых различий между изображениями соответствующих сильных и слабых экспрессий значимо ниже теоретического значения ( $p < 0,001$ ): страх (1,44; 3,72); удивление (2,64; 3,36), гнев (1,54; 3,31); отвращение (2,53; 3,68), радость (1,42; 2,96). Для печали значимые различия отсутствуют (2,04; 1,87). Расхождения в оцениваемой степени близости слабовыраженных экспрессий к спокойному лицу и сильновыраженной экспрессии могут объясняться эффектом перцептивного притяжения по аналогии с ранее полученными данными: при решении дискриминационной АВХ-задачи предпочтительным является ошибочный выбор варианта ответа, более похожего на перцептивный прототип (Жегалло, Королькова, 2019).

Не ограничиваясь конкретной метрикой сходства, сам способ выбора переходного изображения из раскадровки перехода между нейтральным лицом и сильновыраженной экспрессией позволяет сформулировать предположение о линейности: сумма оценок различий (нейтральное лицо, слабая экспр.) + (слабая экспр., сильная экспр.) равна различиям (нейтральное лицо, сильная экспр.). Статистическая проверка подтверждает предположение о линейности для всех экспрессий. В то же время слабовыраженные экспрессии воспринимаются как в разной степени отличающиеся от соответствующих сильновыраженных.

Рассмотрим теперь взаимное расположение двух сильновыраженных экспрессий и нейтрального лица. В двумерном пространстве им будут соответствовать вершины треугольника. Две добавочные слабовыраженные экспрессии без учета расстояния между ними должны разместиться строго на ребрах соответствующего треугольника, поскольку предположение линейности выполняется. В таком случае, зная длины сторон треугольника и положение точек, соответствующих слабым экспрессиям на его сторонах, можно вычислить теоретическую дистанцию между слабыми экспрессиями и сравнить ее с экспериментальными данными.

Фактические оценки соответствуют расчетным для следующих пар слабовыраженных экспрессий: страх—гнев (4,60; 4,78); страх—печаль (4,96; 4,58); удивление—гнев (4,31; 4,13); удивление—радость (4,12; 3,55); удивление—печаль (3,14; 2,71); гнев—отвращение (2,43; 2,47); гнев—радость (5,31; 5,23); гнев—печаль (4,17; 3,95); отвращение—печаль (3,79; 3,38); радость—печаль (3,93; 3,49). Фактические оценки завышены по сравнению с расчетными ( $p < 0,01$ ) для следующих пар слабовыраженных экспрессий: страх—удивление (3,46; 2,72); страх—отвращение (5,40; 4,29); страх—радость (4,88; 3,93); удивление—отвращение (5,01; 3,76); отвращение—радость (5,14; 4,36).

Использование задачи сравнения позволяет получить полезные результаты, позволяющие уточнить воспринимаемые соотношения между различными изображениями эмоциональных экспрессий. В рамках общей задачи сравнения можно выделить несколько направлений дальнейшей работы.

1. Возможные объяснения полученных результатов в части различий в степени сходства изображений сильновыраженных эмоциональных экспрессий со спокойным лицом могут быть получены при дальнейшем анализе вербализаций. Проверка величины различий для разных вариантов изображений потребует относительно небольшого объема исследования (по 6 сравнений на набор изображений, относящихся к одному натурщику). Можно ожидать, что полученные результаты будут воспроизведены для фотоизображений изображений других натурщиков, входящих в базы POFA RAFD, ADFES и др.
2. Уточнение места слабых экспрессий в ряду между сильновыраженной эмоциональной экспрессией и нейтральным лицом требует подбора соответствующего стимульного материала; объем задачи

сравнения для переходного ряда из сильновыраженной экспрессии, четырех последовательных фаз и нейтрального лица составит 15 сравнений. Полученные результаты в дальнейшем могут быть сопоставлены с различными теоретическими метриками сходства, например, основанными на раздельном анализе информации по отдельным пространственно-частотным каналам. Также в метрику сходства может быть дополнительно введен эффект перцептивного притяжения.

3. В большинстве случаев воспринимаемые различия между слабо-выраженными экспрессиями соответствуют расчетным значениям с учетом фактических воспринимаемых различий между соответствующими сильно- и слабовыраженными экспрессиями и нейтральным лицом. Изучение завышенных различий для ряда пар имеет смысл проводить совместно с экспериментами по п. 2. Объем задачи для двух переходных рядов от сильновыраженной экспрессии к нейтральному лицу при 4 промежуточных градациях (итого 11 изображений) составит 55 сравнений.

## **Литература**

- Барабанщиков В. А., Жегалло А. В., Королькова О. А.* Перцептивная категоризация выражений лица. М.: Когито-Центр, 2016.
- Жегалло А. В., Басюл И. А.* Процесс сравнения изображений эмоциональных экспрессий // Российский психологический журнал. 2023. Т. 20 (2). С. 106–121. doi: 10.21702/грj.2023.2.7
- Жегалло А. В., Королькова О. А.* «Базовые» эмоциональные экспрессии: проверка модели категориальной подстройки // Когнитивные штудии: Эмерджентность и сложность, когнитивные практики: материалы VIII междунар. междисциплин. конф. Вып. 8. Минск: БГПУ, 2019. С. 417–424.
- Соколов Е. Н.* Очерки по психофизиологии сознания. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2010.
- Ekman P.* Emotions revealed: Recognizing faces and feelings to improve communication and emotional life. Times Books/Henry Holt and Co., 2003.

**The task of comparing emotional expressions:  
specific of perception of the degree of differences**

*A. V. Zhegallo (Institute of Psychology of Russian Academy of Sciences,  
Moscow)*

When comparing strongly and weakly expressed emotional expressions, study participants: for different images of strongly expressed emotional expressions, give different assessments of similarity to a neutral face; for images of weakly expressed emotional expressions, differences from a neutral face are overestimated and differences from corresponding strongly expressed expressions are underestimated. At the same time, linearity is maintained: the difference between a strongly expressed emotional expression and a neutral face is equal to the sum of the differences (strong expression, weak expression) + (weak expression, neutral face).

*Key words:* emotional expressions, weak expressions, comparison, perceptual magnet effect.



# **ИЗМЕРЕНИЯ, ПСИХОМЕТРИКА**



# ВНУТРЕННЯЯ НАДЕЖНОСТЬ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ФАКТОРНО-АНАЛИТИЧЕСКОГО ПОДХОДА<sup>1</sup>

*А. Ю. Развальяева (Институт психологии РАН, Москва)*

annraz@rambler.ru

Надежность — одно из важнейших свойств методик, позволяющее осуществлять устойчивые измерения в разных контекстах, делать прогнозы, а также воспроизводить ранее полученные результаты. Один из наиболее популярных коэффициентов для измерения надежности —  $\alpha$  Кронбаха — разрабатывался в рамках классической теории тестов, однако за последние десятилетия стали появляться новые подходы к надежности. Рассматривается надежность с точки зрения факторного подхода, предполагающая первоначальное выделение факторной структуры инструмента с помощью эксплораторного или конфирматорного факторного анализа. Приводятся примеры измерения надежности для двух методик — однофакторной и многофакторной с суммарным общим баллом — с помощью общей и иерархической омеги.

*Ключевые слова:* надежность, альфа Кронбаха, омега Макдональда, классическая теория тестов, факторный анализ.

Надежность инструментов, используемых в психологических исследованиях, определяется как возможность получения устойчивых измерений с их помощью (McNeish, 2019). Она составляет необходимое условие для прогнозирования будущих событий, осуществляющегося на основе полученных данных (Revelle, Condon, 2019). Надежность близка понятию согласованности измерений, которое обозначает «меру, в которой тест продолжает измерять тот же психологический конструкт, несмотря на неизбежно возникающие изменения в самом тесте, его предъявлении и популяциях, которым он предъявляется» (Cattell, 1964; цит. по: Revelle, Condon, 2019, p. 7). Согласно кубической модели Р. Кетелла, согласованность измерений может относиться к ситуации тестирования (надежность), содержанию пунктов (гомоген-

---

<sup>1</sup> Исследование выполнено по Госзаданию № 0138-2023-0006.

ность) и выборкам (возможность переноса результатов тестирования) (Revelle, Condon, 2019).

Выделяется ретестовая надежность (устойчивость получаемых с помощью инструмента оценок во времени), надежность экспертных оценок (согласованность результатов, получаемых разными исследователями, например, при проведении клинического структурированного интервью) и внутренняя надежность (согласованность ответов на разные пункты одной шкалы). Можно выделить также стратифицированную надежность, применяющуюся для инструментов, в которых выделяются разные части в зависимости от сложности или содержания, и многомерную надежность, использующуюся в методе экологического моментального измерения (Revelle, Condon, 2019). В данной работе мы остановимся на рассмотрении только внутренней надежности и проблем, связанных с ее измерением. Несмотря на большую популярность альфы Кронбаха для оценки внутренней надежности шкалы, в последние несколько десятилетий ведутся споры по поводу точности этого критерия и границ его применимости. Со времени публикации оригинальной формулы Кудером и Ричардсоном в 1937 г. и публикации Кронбаха, популяризовавшего эту формулу в 1951 г., были также выдвинуты новые критерии внутренней надежности, которые можно в целом отнести к трем направлениям – классической теории тестов, факторному анализу и современной теории тестов (Item Response Theory) (Cho, 2021). Рассмотрим первые два из них.

Согласно классической теории тестов, наблюдаемое значение по шкале складывается из истинного значения, характеризующего латентный признак, на измерение которого направлена шкала, и ошибки измерения. Шкала тем более надежна, чем большая доля дисперсии ответов на ее пункты объясняется дисперсией истинного значения по этой шкале (Sjitsma, Pfadt, 2021). Надежность может представлять собой соотношение дисперсии истинного значения по шкале к дисперсии наблюдаемых значений или квадрат корреляции между истинным и наблюдаемым значениями (Cho, 2021).

Факторный подход к оценке надежности базируется на представлениях о структуре инструмента и включает общий фактор (вносит вклад во все пункты), групповые факторы (вносят вклад в часть пунктов), специфичные факторы (индивидуальны для каждого пункта) и ошибки измерения (Zinbarg et al., 2005). Надежность определяется как часть дисперсии общего балла, которая объясняется используемой моделью (Sjitsma, Pfadt, 2021). Чаще всего для измерения надеж-

ности в факторном подходе используются однофакторные, бифакторные (включающие общий и частные факторы) и иерархические модели (общий фактор нагружает пункты шкалы опосредованно через частные факторы). При этом может применяться как эксплораторный, так и конфирматорный факторный анализ.

Каждому подходу соответствуют коэффициенты надежности, различающиеся по точности (устойчивость коэффициента для данных и моделей разного типа), консервативности (чувствительность коэффициента к различным нарушениям и искажениям, встречающимся в данных), а также с точки зрения ограничений и предпосылок, несоблюдение которых может вести к систематическим искажениям в оценке надежности. Так,  $\alpha$  Кронбаха (показатель, разработанный в рамках классической теории тестов) может недооценивать истинную надежность при нарушениях  $t$ -эквивалентности, использовании категориальных данных (лайкертовских шкал менее чем с 5 категориями) и при сильном положительном эксцессе и переоценивать истинную надежность при отрицательном эксцессе и наличии корреляций между ошибками (связь пунктов, не объясняющаяся характеристиками шкалы) (McNeish, 2019).

Коэффициенты надежности, согласно факторному подходу, получили обобщенное название «омега» (Cho, 2021). Чаще всего выделяют общую и иерархическую омегу. Общая омега оценивает композитную надежность (общего суммарного или среднего балла) одномерных шкал; ее значения, как правило, близки к соответствующим значениям  $\alpha$  Кронбаха, но при этом она больше рассчитана на модели, нарушающие  $t$ -эквивалентность (congeneric models), т. е. модели, в которых пункты шкалы могут иметь существенно различные факторные нагрузки на общий фактор (McNeish, 2019).

Иерархическая омега применяется для многомерных шкал и исключает дисперсию, объясняемую частными факторами, из дисперсии, объясняемой общим фактором. Высокие значения иерархической омеги могут свидетельствовать об одномерности шкалы (Revelle, Condon, 2019). Показатели омеги теоретически превышают показатели  $\alpha$  для моделей с неравными факторными нагрузками (Zinbarg et al., 2005), особенно для многомерных моделей, где альфа существенно меньше истинной надежности (Sijtsma, Pfadt, 2021). Критики факторного подхода к надежности отмечают, что общая омега может переоценивать надежность для одномерных моделей и многомерных моделей с излишним количеством факторов (Cho, 2021).

Приведем несколько примеров измерения коэффициентов надежности, согласно факторному подходу для одно- и многофакторных опросников самоочета. Анализ проводился с помощью пакетов lavaan (конфирматорный факторный анализ), semTools (общая и иерархическая омега) и psych ( $\alpha$  Кронбаха,  $\omega$  Ревеля, базирующаяся на эксплораторном факторном анализе).

Выборка для примеров 1–2:  $N=860$ , 710 женщин, возраст –  $25 \pm 6,7$ .

1. Однофакторный опросник «Страх негативной оценки из-за внешности» (Lundgren et al., 2004; адаптация – Разваляева, Польская, 2020) включает 6 вопросов, ответы даются по 5-балльной шкале. Первоначальная однофакторная модель не соответствовала данным (слишком высокий  $RMSEA=0,115$ ); после введения ковариации между остатками двух пунктов она хорошо соответствовала данным ( $CFI=0,99$ ;  $RMSEA=0,05$ ). Поправка между остаточными членами могла свидетельствовать о близости в формулировке этих пунктов. Общая омега после этой поправки снизилась с 0,92 до 0,90;  $\alpha$  Кронбаха составляла 0,92.
2. Опросник Межличностной чувствительности (Воусе, Parker, 1989; адаптация – Разваляева, Польская, 2021) включает 22 пункта, ответы даются по 4-балльной шкале. Была осуществлена проверка иерархической структуры: общая шкала нагружала три субшкалы («Зависимость от оценок окружающих», «Страх отвержения» и «Беспокойство в межличностных отношениях»). Данная модель показала приемлемое соответствие данным ( $CFI=0,97$ ;  $RMSEA=0,08$ ). Иерархическая омега для общего балла (с поправкой на качественные данные из-за малой размерности шкалы) составила 0,78 при том, что  $\alpha$  Кронбаха – 0,9.

К трудностям, связанным с использованием новых подходов к оценке надежности, относят их недостаточную освещенность в учебной литературе и представленность в популярных программах для статистического анализа данных (McNeish, 2018). Применительно к факторному подходу выделяется еще одна существенная трудность: из-за обобщенного названия «омега» исследователям сложно выбрать конкретный критерий, соответствующий их модели (одно- или многофакторной) и типу данных (количественных или категориальных). Более того, дифференциация разных типов омеги затруднена уже на уровне специализированной литературы (Cho, 2021). Таким образом, при использовании функций для оценки омеги (например, из пакетов psych У. Ревеля,

MBESS К. Келли или semTools Т. Йоргенсена для языка R, или макроса Э. Хайеса и Дж. Коутса для SPSS и SAS) нужно обращать внимание на формулы, использованные разработчиками, и соотносить их применимость с запланированным типом анализа (ЭФА, КФА), проверяемыми моделями и данными.

## Выводы

Оценка надежности может осуществляться в разных подходах к валидации психологических методик: классической теории тестов, современной теории тестов и факторном анализе. Критерии «омега» могут давать более точные результаты, чем  $\alpha$  Кронбаха, они позволяют выявлять дифференциальный вклад общего и частных факторов в дисперсию наблюдаемых переменных и учитывать систематические ошибки, возникающие при проведении исследования (ковариации между остаточными членами). Сообщение результатов нескольких критериев надежности может давать больше информации об используемом инструменте.

## Литература

- Cho E.* Neither Cronbach's alpha nor McDonald's omega: A commentary on Sijtsma and Pfadt // *Psychometrika*. 2021. V. 86 (4). P. 877–886. doi: 10.1007/s11336-021-09801-1
- McNeish D.* Thanks Coefficient Alpha, We'll Take It From Here // *Psychological Methods*. 2018. V. 23 (3). P. 412. doi: 10.1037/met0000144
- Revelle W., Condon D. M.* Reliability from  $\alpha$  to  $\omega$ : A tutorial // *Psychological Assessment*. 2019. V. 31 (12). P. 1395–1411. doi:10.1037/pas0000754
- Sijtsma K., Pfadt J. M.* Part II: On the use, the misuse, and the very limited usefulness of Cronbach's alpha: Discussing lower bounds and correlated errors // *Psychometrika*. 2021. V. 86 (4). P. 843–860. doi: 10.1007/s11336-021-09789-8
- Zinbarg R. E., Revelle W., Yovel I., Li W.* Cronbach's  $\alpha$ , Revelle's  $\beta$ , and McDonald's  $\omega$ : Their relations with each other and two alternative conceptualizations of reliability // *Psychometrika*. 2005. V. 70 (1). P. 123–133. doi: 10.1007/s11336-003-0974-7

**Reliability of psychological measures  
according to the factor-analytic approach**

*A. Yu. Razvaliaeva (Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences,  
Moscow)*

Reliability is one of the most important characteristics of measures, implying that the measure provides robust results in various contexts, and that these results can be replicated and used as a basis for predictions. One of the most popular reliability coefficients is Cronbach's alpha, which was developed within classical test theory; however, in the last few decades new approaches to reliability estimation have emerged. The paper considers reliability according to the factor-analytic approach, which implies testing the factor structure of the measure via exploratory or confirmatory factor analysis prior to reliability estimation. Two recently validated measures, one with a single-factor structure and the other with a multidimensional structure, serve as examples of general and hierarchical omega estimation.

*Key words:* reliability, internal consistency, Cronbach's  $\alpha$ , Macdonald's omega, omega-hierarchical, classical test theory, factor analysis.

## **КАРТИНА СТАТИСТИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ (ЛИНЕЙНЫХ И ПРОСТЕЙШИХ НЕЛИНЕЙНЫХ) В РАМКАХ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРАХА**

*М. М. Басимов (АНО ВО «Университет мировых цивилизаций  
им. В. В. Жириновского», Москва)*

basimov\_@mail.ru

Рассматривается общая картина статистических связей в эмпирическом исследовании страха. По девяти методикам изучается 80 показателей, для анализа применяется как корреляционный анализ, так и авторский метод изучения связей. По анализу результатов можно отметить практически отсутствие сильных линейных связей (9 для 3160 пар переменных), наличие среди 629 значимых, но при этом в основном очень слабых и слабых зависимостей в модели для кварт 70 сильных простейших нелинейных зависимостей (ошибка 2-го типа), а также наличие зависимостей, которые не попали в зону значимости (только очень слабые зависимости), 130 сильных простейших нелинейных зависимостей (ошибка 1-го типа). Все это в очередной раз свидетельствует о необходимости ухода от линейного мировоззрения в конкретных психологических исследованиях.

*Ключевые слова:* страх, тревога, актуальное самовосприятие, гиперстезические реакции, нервно-психическая адаптация, статистические связи и зависимости, сила связи.

Рассмотрим картину линейных и простейших нелинейных связей по данным эмпирического исследования страха в период эпидемии COVID-19, любезно предоставленных Н. А. Цветковой. Матрица данных включает результаты диагностики по 9 структурным составляющим 8 методик:

- 1) отношение к необходимости держать социальную дистанцию;
- 2) шкала обсессивно-фобических нарушений из методики для выявления и оценки невротических состояний (К. К. Яхин, Д. М. Менделевич);
- 3) активность мыслей, сопряженных со страхами;

- 4) болезненность мыслей, связанных со страхами;
- 5) Я-структурный тест Г. Аммона (3 шкалы страха);
- 6) оценка наличия гиперстезических реакций (шкала Р. Лайкерта);
- 7) субъективная оценка психологической безопасности личности;
- 8) нервно-психическая адаптация (И. Н. Гурвич);
- 9) личностный дифференциал – актуальное самовосприятие (психоневрологический институт им. В. М. Бехтерева).

Рассмотрим соотношение линейных и простейших нелинейных связей, их особенности для интерпретации на пересечении разных интервалов мер связи, полученных как в рамках изучения только линейных моделей с использованием корреляционного анализа, так и рамках изучения простейших нелинейных связей с использованием авторского метода, когда линейные зависимости становятся составляющей частью всего множества зависимостей, представляющих исследовательский интерес.

При изучении статистических связей с использованием авторского метода наряду с линейными связями выявляются и простейшие нелинейные зависимости: с максимумом и минимумом, монотонные, но далекие от линейных. Это позволяет не только расширить спектр выявляемых связей и избавиться от многочисленных ошибок традиционной интерпретации коэффициента корреляции, но и лучше понять сложный психологический предмет конкретного исследования, в том числе и рассматриваемого в настоящей статье.

Авторский метод множественного сравнения позволил построить метод изучения статистических зависимостей (Басимов, 2011). В начале по каждому параметру формируются квантильные разбиения (триады, кварталы, квинты) данных, после чего для них проводится множественное сравнение по обобщенному варианту, когда сравниваются между собой значения всех параметров для всех квантильных групп. В заключение строятся коэффициенты силы связи. Линейные зависимости становятся одним из частных случаев статистической связи.

Типология статистических зависимостей изучалась в рамках 80 диагностируемых показателей, полученных в рамках исследования Н. А. Цветковой, которые включают отношение испытуемых к необходимости держать социальную дистанцию и психологические данные по 7 методикам (Цветкова, Басимов, 2022). В рамках исследования (всего 127 испытуемых) они были объединены в 8 групп показателей:

1. Социальная дистанция (X01).
2. Обсессивно-фобические нарушения (X02-X12).
3. Активность мыслей, сопряженных со страхами (X13-X25).
4. Болезненность мыслей, связанных со страхами (X26-X38).
5. Шкалы страха (X39-X44).
6. Гиперстезические реакции (X45-X52).
7. Безопасность и адаптация (X53-X54).
8. Актуальное самовосприятие (X55-X80).

Для данных по 8 группам показателей в рамках психологических методик или структурных составляющих методик (в рамках исследования страха) были выбраны 80 количественных показателей. Всего пар между различными показателями для матрицы размерности  $80 \times 80$  будет  $3160 = (80 \times 80 - 80) / 2$ .

Причинно-следственную картину в рамках отобранных психологических переменных начнем анализировать с линейных корреляций Пирсона. Корреляций, не попадающих в определение значимых ( $abs(r) \leq 0,17$ ), нашлось 2104 (66,58%). Значимых корреляций разной силы ( $0,17 < abs(r) \leq 1$ ) имеем достаточно большое количество 1056 (33,42%). Это превышает треть от всех возможных пар переменных, поэтому если следовать негласному правилу и отбирать как представляющие интерес все значимые корреляции, то их хватит для любой тематики в рамках анализируемых данных, а также для большого количества гипотез, характеризующих причинно-следственную картину. Очень слабых корреляций в интервале  $0,17 < abs(r) \leq 0,2$  имеем 218 (6,90%); слабых корреляций в интервале  $0,2 < abs(r) \leq 0,3$  – 411 (13,01%); умеренных корреляций в интервале  $0,3 < abs(r) \leq 0,5$  – 298 (9,43%); средних корреляций в интервале  $0,5 < abs(r) \leq 0,7$  – 120 (3,80%); сильных корреляций в интервале  $0,7 < abs(r) \leq 1$  – всего 9 (0,28%).

Вначале рассмотрим сильные ( $0,7 < |r| \leq 1$ ) корреляции, которых для 3160 пар переменных набралось всего 9 (0,28%). Для большинства исследователей в рамках сегодняшних негласных правил в психологическом сообществе даже «значимости» (гипотеза о равенстве нулю коэффициента корреляции) корреляции (в описываемом случае  $0,17 < abs(r) \leq 1$ ) вполне достаточно, чтобы трактовать связь как линейную и достойную внимания, хотя в прежние времена (1970-е годы, отчасти 1980-е годы) отбирались для описания и интерпретации в основном только сильные корреляции ( $0,7 < abs(r) \leq 1$ ), причем для достаточно больших выборок (100 и больше). Можно отметить, что уже тогда

при изучении не вполне простого по содержанию материала возникала проблема с результативностью корреляционного анализа, так как сильные линейные корреляции практически отсутствовали за исключением связей либо между родственными показателями, либо для пар параметров, когда это и без статистического анализа вполне очевидно и можно предположить заранее. И вместо того, чтобы искать реальные зависимости, в дальнейшем в психологическом сообществе негласно сформировалось правило, согласно которому для большинства корреляция стала считаться достойной внимания, если она «значимая» (спасительные звездочки SPSS). При этом часто авторы перестали обращать внимание на модуль коэффициента корреляции, перечисляя в одном списке как достойные внимания зависимости с корреляциями от 0,2 до 0,9, даже не говоря об их отличии.

Возвращаясь к описываемой задаче, рассмотрим с содержательной стороны, переменные каких методик зависят друг от друга в рамках линейной модели. Это немногочисленные сильные корреляции ( $0,7 < \text{abs}(r) \leq 1$ ) в количестве 9, из которых 8 зависимостей связывают различные шкалы в рамках набора родственных переменных одной методики и только одна зависимость связывает показатели различных групп переменных 3 и 4, но все-таки в рамках одной методики. Максимальное по модулю значение коэффициента корреляции равно 0,87.

Далее представляет интерес показать распределение только «значимых» корреляций по силе связи. Количество всех «значимых» корреляций примем за 100%, т. е. теперь 100% – это 1056 пар переменных, для которых  $\text{abs}(r) > 0,17$ . «Значимые» корреляции по интервалам силы связи распределились следующим образом: очень слабых корреляций в интервале  $0,17 < \text{abs}(r) \leq 0,2$  среди «значимых» корреляций имеем 218 (20,65%); слабых в интервале  $0,2 < \text{abs}(r) \leq 0,3$  среди «значимых» корреляций – 411 (38,92%); умеренных в интервале  $0,3 < \text{abs}(r) \leq 0,5$  среди «значимых» корреляций – 298 (28,22%); средних в интервале  $0,5 < \text{abs}(r) \leq 0,7$  среди «значимых» корреляций – 120 (11,36%); сильных в интервале  $0,7 < \text{abs}(r) \leq 1$  среди «значимых» корреляций – 9 (0,85%).

Даже при таком раскладе сильных корреляций меньше процента (0,85%), а слабых и очень слабых – более 59 процентов (59,57%). Но самое важное, что среди пар переменных, связанных слабыми и очень слабыми корреляциями, существуют пары, связанные сильными простейшими нелинейными связями.

Среди  $629 = 218 + 411$  значимых, но при этом очень слабых и слабых зависимостей ( $0,17 < \text{abs}(r) \leq 0,3$ ) в модели для кварт было найдено

70 сильных ( $SV > 0,7$ ) простейших нелинейных зависимостей (ошибка 2-го типа).

А среди зависимостей, которые не попали в зону значимости, в модели для кварт было найдено 130 сильных ( $SV > 0,7$ ) простейших нелинейных зависимостей (ошибка 1-го типа).

Таким образом, переходя к рассмотрению простейших нелинейных связей, получаем значительно более богатую информацию, представленную новыми сильными связями, а значит, можно забыть о слабых и умеренных корреляциях и свести к минимуму обращение к линейным зависимостям, учитывая только достаточно сильные из них. И чем ближе к нулю значение коэффициента корреляции в таких зависимостях, тем ближе изучаемая зависимость к зависимости с симметричным максимумом или минимумом, тем более она односторонняя, т. е. однозначно определяется переменная-причина и переменная-следствие. В противоположность этому: чем ближе зависимость к линейной форме, тем она более симметричная в плане смысла (причина или следствие) задействованных перемен. Линейная зависимость абсолютно симметричная, что хорошо иллюстрируется зависимостями переменных от самих себя.

Для 130 нелинейных зависимостей (ошибка 1-го типа при использовании корреляционного анализа) только одна обратная им зависимость, характеризуется силой связи  $SV' > 0,7$  (Basimov, 2019f). Для 70 нелинейных зависимостей (ошибка 2-го типа при использовании корреляционного анализа) не одна обратная зависимость не является сильной  $SV' > 0,7$  (Basimov, 2019b).

Из 298 умеренных  $Y(X)$  по линейной составляющей зависимостей  $0,3 < \text{abs}(r) \leq 0,5$  наблюдается 125 сильных простейших нелинейных зависимостей, которые представляют собой монотонные или близкие к монотонным зависимости, которые при этом далеки линейных. Для них появляются уже и сильные обратные зависимости  $X(Y)$  в количестве 31.

Из 120 средних  $Y(X)$  по линейной составляющей зависимостей  $0,5 < \text{abs}(r) \leq 0,7$  наблюдается 116 сильных простейших нелинейных зависимостей, которые представляют собой монотонные или близкие к монотонным зависимости, которые при этом отличаются от линейных. Почти все они (102 из 116) характеризуются и сильными обратными зависимостями  $X(Y)$ .

Таким образом, рассматривая наряду с линейными связями простейшие нелинейные связи, можно проанализировать все множество

связей, достойных описания, и сопоставить их с соответствующими им разными по силе линейными корреляциями. В дальнейшем можно дополнительно рассмотреть модели связей для триад и квинт независимой переменной, что добавит еще определенное количество новых сильных простейших нелинейных связей при анализе матрицы данных, которые не были выявлены в модели для кварт независимой переменной. Все это в очередной раз свидетельствует о необходимости ухода от линейного мировоззрения в конкретных психологических исследованиях.

## **Литература**

- Басимов М. М., Цветкова Н. А.* Гиперстезические реакции и актуальное самовосприятие у студентов на этапе самоизоляции во время пандемии COVID-19 // Вестник университета. 2022. № 3. С. 165–173.
- Basimov M. M.* Mathematical methods in psychological research (Nontraditional methods). Monograph. Germany, Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011.
- Basimov M. M.* Study of political preferences and type 1 errors in the traditional correlation approach // Advances in Social Science, Education and Humanities Research. V. 289. 2019a. P. 488–494. URL: <https://www.atlantispress.com/proceedings/csis-18/55913876> (дата обращения: 21.7. 2020).
- Basimov M. M.* Study of political preferences and type 2 errors in the traditional correlation approach // Advances in Social Science, Education and Humanities Research. 2019b. V. 33. P. 11–18. URL: <https://www.atlantispress.com/proceedings/hssnpp-19/articles?q> (дата обращения: 21.07.2020).

## **Picture of statistical dependencies (linear and simplest nonlinear) within the framework of the study of fear**

*M. M. Basimov (Autonomous non-profit organization of higher education “Zhirinovskiy University of World Civilizations”, Moscow)*

The general picture of statistical relations in the empirical study of fear is considered. 80 indicators are studied using nine methods. Both correlation analysis and the author’s method of studying connections are used for analysis. Based on the analysis of the results, it can be noted that there are practically no strong linear dependencies (9 for 3160 pairs of variables), the presence among 629 significant, but mostly very weak and weak dependencies, in the model for

*М. М. Басимов*

quarts there are 70 strong simple nonlinear dependencies (type 2 error), and also the presence of dependencies that did not fall into the zone of significance (only very weak dependencies), 130 strong, simplest nonlinear dependencies (type 1 error). All this once again speaks to the need to move away from a linear worldview in specific psychological research.

*Keywords:* fear, anxiety, actual self-perception, hypersthetic reactions, neuropsychic adaptation, statistical relations and dependencies, relation strength.

## КАКИЕ ФАКТОРЫ СТОЯТ ЗА ШКАЛАМИ ММРІ?

*Н. А. Хохлов (Центр тестирования и развития  
«Гуманитарные технологии», Москва)*

nkhokhlov@psychmsu.ru

Миннесотский многоаспектный личностный опросник (ММРІ) является одним из наиболее известных психодиагностических инструментов. В то же время психометрические свойства ММРІ не соответствуют классическим требованиям к тестам. Также нет точных сведений о том, стоят ли за шкалами ММРІ более общие латентные измерения. Обсуждение данной проблемы с участниками профессионального сообщества, анализ литературы и собственные исследования позволяют сделать следующие выводы. Факторная структура ММРІ зависит от ситуации тестирования (экспертиза или самопознание) и общей адаптивности респондентов. Чаще всего удается получить факторы интроверсии и эмоциональной нестабильности. Наличие и содержание других факторов зависит от характеристик выборки.

*Ключевые слова:* психодиагностика, темперамент, личностные черты, факторная структура, ММИЛ, СМИЛ.

Миннесотский многоаспектный личностный опросник (Minnesota Multiphasic Personality Inventory, ММРІ) был впервые опубликован С. Хэттэуэйм и Дж. Маккинли в 1943 г. Методика разрабатывалась с конца 1930-х годов для исследования психопатологии и личностной структуры у взрослых людей. При создании тестовых шкал отбирались пункты, позволявшие отличить больных с определенным психическим диагнозом от респондентов из контрольной группы. Каждая шкала включает в себя разнородные вопросы, которые сложно свести к одному теоретическому конструкту. Тестовые пункты слабо связаны между собой, что приводит к недостаточной надежности шкал. В русскоязычной психодиагностике наиболее известны две адаптации ММРІ: Стандартизированный многофакторный метод исследования личности (СМИЛ), разработанный Л. Н. Собчик, и Методика многостороннего исследования личности (ММИЛ), созданная Ф. Б. Березиным, М. П. Мирошниковым и Е. Д. Соколовой. В 1989 г. Дж. Бучер, В. Дал-

стром, Дж. Грехем, А. Теллиджен и Б. Кэммер опубликовали вторую версию методики — ММРІ-2. В 2013 г. тест был адаптирован в России авторским коллективом под руководством Е. И. Рассказовой. В 2020 г. был представлен ММРІ-3, который пока не переведен на русский язык. При создании ММРІ-2 многие психометрические проблемы были решены, однако в настоящее время большинство отечественных психологов продолжают пользоваться СМІЛ и ММІЛ. Поэтому в данной работе речь пойдет о факторной структуре первой версии ММРІ.

15 августа 2021 г. на форуме Экспертного сообщества профессиональных психологов (ЭСПП) я инициировал дискуссию на тему «Какие факторы стоят за шкалами ММРІ?». В обсуждении приняли участие М. А. Березин, Л. Н. Собчик, К. В. Сугоняев, Ю. А. Тукачев, А. Ш. Тхостов, А. Г. Шмелев и П. В. Яньшин. Многие отмечали, что опросник в целом работает, но даже опытным пользователям не понятно, как именно. Ключевую роль играет качественный анализ всего профиля, поэтому ММРІ лучше считать полупроективной методикой. Можно выделить шкалы «слабого» и «сильного» регистра. К первому (гипостенический тип реагирования) относятся 2, 7, 0, ко второму (гиперстенический тип реагирования) — 4, 6, 9. Если же говорить о факторизации шкал, то результаты, по-видимому, не одинаковы для разных социально-демографических групп и ситуаций тестирования.

Данная проблема обсуждалась в отечественных публикациях как минимум с 1970-х годов. Например, В. И. Галунов, В. Х. Манеров и Е. А. Устинович исследовали 200 человек, используя 13 основных шкал и 22 дополнительные. Было выделено 3 фактора: «Эмоциональная стабильность—нестабильность», «Интроверсия—Экстраверсия» и фактор патологии. Последний фактор перекликается с фактором Г. Айзенка «Психотизм—нормальность». Авторы сделали вывод о том, что факторная модель личности «в качестве обобщающих должна включать в себя фактор интроверсии—экстраверсии и фактор, объединяющий показатели эмоциональности» (Галунов и др., 1978, с. 79).

В. М. Мельников и Л. Т. Ямпольский разработали психометрически обоснованный тест на основе пунктов из ММРІ и 16-факторного личностного опросника Р. Кеттелла. Было выделено 18 факторов первого порядка, которые можно свести к 6 факторам второго порядка (невротизм, психотизм, депрессия, асоциальность, интроверсия, сензитивность). На предельном уровне факторизации «выделены следующие четыре фактора третьего порядка: 1) психическая неуравновешенность;

2) асоциальность; 3) интроверсия; 4) сензитивность» (Мельников, Ямпольский, 1985, с. 159).

Ф. Б. Березин сопоставил результаты личностных тестов и психофизиологические индикаторы адаптации. Среди факторизуемых данных «были психодиагностические показатели, полученные с помощью методики многостороннего исследования личности и 16-факторного личностного теста Кеттелла (без учета вторичных факторов этого теста и дополнительных индексов, включающих эти факторы), и физиологические параметры, полученные путем полиграфической регистрации биоэлектрических потенциалов...» (Березин, 1988, с. 225). Было выделено 3 комплексных психофизиологических фактора: фрустрационная и эмоциональная напряженность, контроль поведения, энергетический потенциал и стрессоустойчивость.

В. А. Дюк показал, что «при интерпретации профиля ММРП необходимо учитывать специфику контингента и условия обследования» (Дюк, 1994, с. 253). Число факторов на разных выборках неодинаково и зависит от общего уровня психической адаптивности. По словам автора, «состояние дезадаптации выражается в усилении корреляционных связей большинства базисных шкал. Наряду с этим связи между отдельными признаками при низкой адаптивности ослабевают, а некоторые связи даже изменяют свою направленность» (Дюк, 1994, с. 256).

А. Г. Шмелев начал исследовать факторную структуру ММРП в 1980-е годы совместно с Ю. М. Забродиным и В. И. Похилько и продолжал аналогичные исследования до начала 2000-х годов. При тестировании 766 студентов московских вузов были выявлены 5 варимакс-факторов: «Общая адаптированность», «Интроверсия—Экстраверсия», «Эмоциональная устойчивость (уверенность)», «Самоконтроль—Импulsивность», «Дружелюбие—Негативизм»/«Наивность—Цинизм». По мнению автора, «последние 4 фактора вполне можно опознать как соответствующие определенным факторам из состава традиционной „Большой пятерки“» (Шмелев, 2002, с. 226). Первый же фактор «отражает позиционную (рефлексивную) тактику испытуемого в отношении самой ситуации опроса — либо признаться в наличии проблем (главным образом проблем со здоровьем), либо представлять себя вполне благополучным» (Шмелев, 2002, с. 226). Вклад первого фактора сильно зависит от того, в какой ситуации — экспертизы или добровольного самопознания — проводится тестирование.

Я также попытался оценить факторную структуру ММРП. В выборку вошли 79 человек (средний возраст  $20 \pm 6,7$  лет), из которых 34

обратились к психологу для прохождения психотерапии (группа I), а 45 выполнили тест в целях самопознания (группа II). Для проведения расчетов использовалась программа jamovi 2.3.18.0. Разведочный факторный анализ выполнялся методом минимальных остатков с ортогональным вращением варимакс и выделением числа факторов на основе собственного значения. Полученная факторная структура объяснила 80,2% дисперсии; тест Бартлетта на сферичность:  $\chi^2=532$ ,  $df=45$ ,  $p<0,001$ ; КМО=0,796. В первый фактор (Ф1, 26%) вошли (здесь и далее с нагрузками более 0,45) шкалы 0 (0,886), 2 (0,761), 7 (0,695), 8 (0,614), 6 (0,469). Этот фактор наиболее соответствует измерению интроверсии. Во второй фактор (Ф2, 22,5%) вошли шкалы 3 (0,907) и 1 (0,835). Он указывает на эмоциональную нестабильность невротического спектра. В третий фактор (Ф3, 11,1%) вошли шкалы 9 (0,756) и 8 (0,458). Здесь мы имеем дело с эмоциональной нестабильностью психотического спектра. В четвертый фактор (Ф4, 10,4%) вошла шкала 5 (0,997). Это фактор женственности. В пятый фактор (Ф5, 10,1%) вошла шкала 4 (0,657). Это фактор асоциальности.

Служебная шкала L связана с Ф2 ( $r=0,249$ ,  $p=0,027$ ). Служебная шкала F связана с Ф1 ( $r=0,5$ ,  $p<0,001$ ), Ф2 ( $r=0,279$ ,  $p=0,013$ ), Ф3 ( $r=0,486$ ,  $p<0,001$ ), Ф5 ( $r=0,4$ ,  $p<0,001$ ). Служебная шкала K связана с Ф1 ( $r=-0,414$ ,  $p<0,001$ ). Группа I значительно отличается от группы II по Ф1 ( $0,537\pm 0,901$  и  $-0,406 \pm 0,782$ ,  $t=4,971$ ,  $df=77$ ,  $p<0,001$ ,  $d=1,13$ ) и по Ф5 ( $0,277\pm 0,843$  и  $-0,2094 \pm 0,656$ ,  $t=2,886$ ,  $df=77$ ,  $p=0,005$ ,  $d=0,656$ ).

Результаты показывают, что шкалы ММРІ можно свести к 5 факторам. Первый фактор соответствует аналогичному измерению в теории личности Айзенка. Двухфакторная модель («Интроверсия—Экстраверсия», «Нейротизм—Эмоциональная стабильность») описывает 4 типа темперамента по Гиппократу или с некоторыми уточнениями типы высшей нервной деятельности по И. П. Павлову. Второе измерение той же модели распадается на два спектра — невротический и психотический (как известно, в 1970-е годы Айзенк расширил свою модель, добавив в нее третий фактор — психотизм). Фактор «Женственность—Мужественность» является отдельным измерением, отражающим совокупное влияние на поведение половых гормонов и социально обусловленной гендерной идентичности. Фактор «Асоциальность—Социальность» измеряет неготовность организовывать поведение в соответствии с требованиями общества (степень социализации личности).

Служебные шкалы не обладают дискриминантной валидностью по отношению к выделенным факторам. Видно, что социально жела-

тельные ответы (L) чаще дают люди с повышенной эмоциональной неустойчивостью невротического спектра. Стремление подчеркнуть тяжесть своих проблем (F) оказалось связано с интроверсией, эмоциональной неустойчивостью (обоих спектров) и асоциальностью. С учетом возможной вторичной выгоды болезни выявление причинно-следственных отношений между установочным поведением и личностными чертами требует отдельного анализа для каждого человека. Также обнаружено, что люди, обращающиеся за психологической помощью, характеризуются повышенной интроверсией и асоциальностью.

Таким образом, факторная структура ММПИ зависит от ситуации тестирования и общей адаптивности респондентов. В большинстве случаев удается получить классические факторы темперамента (интроверсия и эмоциональная нестабильность). Другие факторы выделяются не всегда, а их наличие и содержание определяется свойствами выборки.

## **Литература**

- Березин Ф. Б.* Психическая и психофизиологическая адаптация человека / Отв. ред. П. В. Симонов. Л.: Наука, 1988.
- Галунов В. И., Манеров В. Х., Устинович Е. А.* Факторно-аналитическое исследование структуры личностного теста ММПИ // Психологические методы исследования личности в клинике. Л.: Ленингр. н.-и. психоневрол. ин-т им. В. М. Бехтерева, 1978. С. 76–79.
- Дюк В. А.* Компьютерная психодиагностика / Науч. ред. В. В. Александров. СПб.: Братство, 1994.
- Мельников В. М., Ямпольский Л. Т.* Введение в экспериментальную психологию личности: Учеб. пособие для слушателей ИПК преподавателей пед. дисциплин ун-тов и пед. ин-тов. М.: Просвещение, 1985.
- Шмелев А. Г.* Психодиагностика личностных черт. СПб.: Речь, 2002.

## **What factors are behind MMPI scales?**

*N. A. Khokhlov (Centre for Testing and Development “Humanitarian Technologies”, Moscow)*

Minnesota Multiphasic Personality Inventory (MMPI) is one of the most well-known psychodiagnostic instruments. At the same time, the psychometric properties of the MMPI do not meet the classical test requirements. There

is also no precise information about whether there are more general latent dimensions behind the MMPI scales. Discussion of this problem with members of the professional community, literature analyses, and our own research allow us to draw the following conclusions. The factor structure of the MMPI depends on the testing situation (expertise or self-knowledge) and the general adaptability of respondents. Factors of introversion and emotional instability are most often obtained. The presence and content of other factors depend on the characteristics of the sample.

*Key words:* psychodiagnostics, temperament, personality traits, factor structure, MMIL (MPRM), SMIL (SMRP).

## ПСИХОМЕТРИЧЕСКАЯ ПРОВЕРКА МЕТОДИКИ ДИАГНОСТИКИ ПОНЯТИЙНЫХ (КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ) СПОСОБНОСТЕЙ

*Я. И. Сиповская (Институт психологии РАН, Москва)*

sipovskayayi@ipran.ru

В статье проводится анализ природы понятийных способностей в контексте понимания в познании. Рассматриваются функции понятийных способностей в структуре интеллекта и описывается авторская методика диагностики концептуальных способностей «Понятийный синтез», а также проводится ее психометрическая проверка.

*Ключевые слова:* понятийные способности, методика, психометрическая проверка.

Роль понятийного мышления (и, соответственно, понятийных способностей) значима как для формирования и функционирования интеллекта, так и для становления индивидуальности человека, включая базовые механизмы психической саморегуляции. Анализ сложного устройства понятийных способностей позволяет подойти к объяснению разных типов понимания происходящего, таких как понимание-знание, понимание-интерпретация, понимание-постижение (Знаков, 2016). Не менее актуальна разработка и психометрическая проверка методик, которые позволили бы диагностировать уровень сформированности понятийных способностей.

Задача данной статьи – провести психометрическую проверку методики диагностики понятийных (концептуальных) способностей.

Психометрическая проверка методики диагностики концептуальных способностей осуществлялась в два этапа. Первый этап (2015–2019) был связан с валидизацией методики «Понятийный синтез» на двух выборках: выборке старших школьников и студентов университета. Второй этап, представленный в данной статье (2020–2022), был ориентирован на апробацию методики на выборке старшеклассников в силу особой значимости этого критически важного возраста. Основные результаты по первому этапу апробации опубликованы в статье и монографии (Холодная и др., 2019; Холодная, Сиповская, 2023).

Назначение методики «Понятийный синтез»: диагностика степени сформированности концептуальных способностей участников исследования посредством определения качества латентных признаков, которые он выделяет в значениях заданных слов, скорости установления связи между такими словами, количества составленных предложений и сложности сконструированного контекста. Соответственно, чем выше эти показатели, тем успешнее осуществляется понятийный синтез. Инструкция: «Вам будут устно предъявлены три триады слов. Попробуйте установить разные варианты смысловых связей между этими словами и записать каждый вариант в виде предложения так, чтобы одновременно были использованы все три слова (при этом можно привлекать любые другие слова). На размышления и запись ответа отводится 3 минуты на каждую триаду слов. Постарайтесь записать как можно больше вариантов предложений. Начали!»

Ниже приводятся триады слов.

1. Ракушка – канцелярская скрепка – термометр;
2. Компьютер – смерч – булавка;
3. Планета – песочные часы – электрическая розетка.

Процедура: исследование можно проводить в индивидуальной или групповой форме.

Исследователь зачитывает вслух первую триаду слов, а участник исследования в течение трех минут записывает в протокол составленные им предложения. Схожим образом проходят еще две итерации (со второй и третьей триадой слов). На работу с каждой триадой слов отводится 3 минуты, общее время выполнения всего задания – 9–10 минут.

Необходимо отметить, что данная методика не предполагает заранее составленного стандартного списка ответов, поскольку она ориентирована на экспликацию индивидуального понятийного опыта в особых условиях, когда нужно сконструировать реально не существующие связи между словами. Следовательно, с содержательной точки зрения респонденты дают самые различные ответы. Задача данной методической процедуры – оценить не «правильность» (и тем более не «оригинальность») ответа, а меру сложности устанавливаемых «невозможных» связей и соответственно меру сложности порождаемого респондентом содержательного контекста. В этом отношении методика «Понятийный синтез» отличается от теста вербальной креативности – «теста отдаленных ассоциаций» (RAT) С. Медника, в котором требуется назвать одно четвертое слово, связанное с каждым из трех

заданных слов и которое оценивается по критерию его оригинальности (например, на тройку слов «цвет—заяц—сахар» логически правильный ответ «Белый» оценивается как минимально оригинальный 0,00 баллов, тогда как случайные, узкотематические и бессодержательные ответы типа «Белоснежка», «Мокрый», «Шоколад» и т. п. — как максимально оригинальные в 0,99 баллов).

Критерии оценки ответов:

0 баллов:

- связываются только два слова из трех («Налетел сильный смерч, который порвал электропровода, и компьютер отключился»);
- формируется бессмысленное сочетание слов («Из термометра можно вытащить веревку, привязать к ней скрепку и поймать ракушку»).

1 балл:

- связь устанавливается на основе простого перечисления двух или трех слов без уточнения связей между ними («Смерч унес множество разных вещей, включая булавку и компьютер»);
- происходит «слипание» двух слов из трех («Компьютерный смерч все испортил, нарушив производство булавок»);
- формальное противопоставление заданных слов («Ракушка и скрепка лежали на столе, а термометр висел на стене»).

2 балла:

- все три слова включаются в детализированное описание конкретной ситуации («Мальчик был болен, и, когда ему измеряли температуру с помощью термометра, он от нечего делать пытался расколоть ракушку канцелярской скрепкой»).

3 балла:

- все три слова связываются на основе причинно-следственных отношений, обобщающей категории, метафоры, совмещения разных контекстов («В ракушке можно хранить канцелярские скрепки, но если это королевская ракушка, то ее можно приспособить для хранения медицинских принадлежностей, таких как стеклянные палочки и термометр»).

Показатели: 1) количество составленных предложений по трем триадам; 2) сложность установленных связей (сумма баллов за все предложения по трем триадам слов).

Психометрическая проверка методики «Понятийный синтез» осуществлялась на выборке старших школьников ( $N=158$ ) в возрасте 15–17 лет (общеобразовательная школа г. Химки Московской области).

Эксперты – 10 человек с высшим образованием: практикующие психологи, академические психологи, специалисты в области преподавания естественно-научных (математика) и психологических дисциплин, специалисты в области оценки персонала – оценивали степень сложности ответов участников исследования (3 триады, 20 примеров ответов на каждую триаду, итого 60 частных ответов) по предложенным критериям. Коэффициент конкордации Кендалла  $W$  (общая оценка ответов по всем триадам) = 0,77, при  $p=0,01$ , что позволяет говорить о высокой согласованности оценок 10 экспертов и соответственно эффективности предложенных критериев оценивания.

Ретестовая надежность методики проверялась при повторном исследовании через месяц (30 календарных дней). Коэффициент корреляции между результатами 1-го и 2-го предъявления составил  $R_s=0,65$  при  $p \leq 0,001$ , что позволяет говорить о высокой ретестовой надежности методики.

Оценка внутренней согласованности методики проводилась с целью определить, все ли пункты методики «Понятийный синтез» направлены на измерение одной и той же переменной. Для этого рассматривается гомогенность каждого пункта методики к общему (суммарному) баллу, а также корреляции между самими пунктами методики. Кроме того, проверялась гомогенность двух частей методики (в одной части четные пункты, а в другой – нечетные):  $\alpha$  Кронбаха – 0,85; средний показатель корреляции между пунктами методики – 0,76; корреляции между двумя частями шкал методики – 0,91; достоверность корреляции двух частей методики – 0,95; достоверность корреляции двух частей методики методом Гуттмана – 0,82. Полученные результаты указывают на высокую гомогенность каждого пункта методики к общей сумме баллов по каждой триаде слов, а также на наличие корреляций между самими пунктами методики и гомогенность двух ее частей.

Таким образом, по результатам психометрической проверки можно сделать вывод: посредством методики «Понятийный синтез» можно измерять способность старшеклассников выявлять имплицитные связи между не связанными между собой понятиями, т. е. построить шкалу порядка по признаку «способность к понятийному синтезу».

Конструктивная валидность методики проверялась на основе процедуры конвергентной валидации. В качестве референтных использо-

вались методики, позволяющие оценить разные аспекты концептуальных способностей: способность к выделению существенных признаков в содержании понятий и латентных закономерностей.

Использовались следующие методики:

- 1) субтест «Словарный» из шкалы Векслера; показатель «суммарный балл» (измеряется способность раскрывать содержание понятий с опорой на существенные признаки);
- 2) субтест «Сходство» из шкалы Векслера; показатель «суммарный балл» (измеряется способность находить нормативную категорию при обобщении двух понятий);
- 3) методика «Прогрессивные матрицы» Дж. Равена без ограничения времени; показатель «количество правильных ответов» (измеряется способность выявлять скрытые закономерности в ряду геометрических фигур);
- 4) субтест «Незаконченные фигуры» теста креативности Э. П. Торренса; «суммарная z-оценка по всем показателям невербальной креативности» (измеряется способность порождать детализированный, обобщенный и оригинальный визуальный образ на основе «пустого» зрительного стимула).

Получены следующие результаты:

- коэффициент корреляции между баллами по методике «Понятийный синтез» и баллами по субтесту «Словарный» теста Векслера –  $R_s=0,43$  при  $p \leq 0,01$ ;
- коэффициент корреляции между баллами по методике «Понятийный синтез» и баллами по методике «Прогрессивные матрицы» Равена –  $R_s=0,25$  при  $p \leq 0,05$ ;
- коэффициент корреляции между баллами по методике «Понятийный синтез» и баллами по субтесту «Незаконченные фигуры» Торренса –  $R_s=0,34$  при  $p \leq 0,01$ .

Показатель методики «Понятийный синтез» не обнаружил связи с показателем субтеста «Сходство» шкалы Векслера, который измеряет способность к категориальному обобщению. Этот факт можно рассматривать как проявление дивергентной валидности методики.

Соответственно, методика «Понятийный синтез» сходна с методиками, эксплицирующими способности, аналогичные отличительным характеристикам концептуальных способностей: во-первых, выявлять существенные признаки (субтест «Словарный») и латентные

закономерности (тест «Прогрессивные матрицы» Равена); во-вторых, породить ментальное содержание (субтест методики Торренса). Соответственно, методика «Понятийный синтез» отвечает основным психометрическим требованиям.

## **Литература**

*Знаков В. В.* Психология понимания мира человека. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2016.

*Холодная М. А., Сиповская Я. И.* Понятийные способности: теория, диагностика, эмпирика. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2023.

*Холодная М. А., Трифонова А. В., Волкова Н. Э., Сиповская Я. И.* Методики диагностики понятийных способностей // Экспериментальная психология. 2019. Т. 12. № 3. С. 105–118.

## **Psychometric verification of the diagnosis method of conceptual (generative) abilities**

*Ya. I. Sipovskaya (Institute of Psychology RAS, Moscow)*

The article analyzes the nature of conceptual abilities in the context of understanding in cognition. The functions of conceptual abilities in the structure of the intellect are considered and the author's method for diagnosing generative abilities "Conceptual Synthesis" is described, and its psychometric verification is also carried out.

*Key words:* thinking, conceptual abilities, generative abilities, methodology, psychometric testing.

**Научное издание**

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПСИХОЛОГИЯ:  
современное состояние и перспективы**

Материалы международной научной конференции,  
посвященной 90-летию со дня рождения В. Ю. Крылова  
26–27 октября 2023 г., Москва

doi: 10.38098/conf\_23\_0469

Редактор – *О. В. Шапошникова*

Корректор – *Л. В. Бармина*

Оригинал-макет, обложка и верстка – *В. П. Ересько*

Издательство «Институт психологии РАН»  
129366, Москва, ул. Ярославская, д. 13, к. 1  
Тел.: +7 (495) 540-57-27  
[www.ipran.ru](http://www.ipran.ru)  
E-mail: [vbelop@mail.ru](mailto:vbelop@mail.ru)

Сдано в набор 07.01.24. Подписано в печать 30.01.24. Формат 60×90/16  
Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура NewtonС  
Уч.-изд. л. 14. Усл.-печ. л. 20. Тираж 500 экз. Заказ  
Отпечатано в ПАО «Т8 Издательские Технологии»  
109316, г. Москва, Волгоградский проспект, д. 42, корп. 5, ком. 6