

Объединенный институт проблем информатики  
Национальной академии наук Беларуси

XXII Международная  
научно-техническая конференция

**РАЗВИТИЕ ИНФОРМАТИЗАЦИИ  
И ГОСУДАРСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ**

**РИНТИ-2023**

16 ноября 2023 г., Минск

Доклады

Минск  
ОИПИ НАН Беларуси  
2023

УДК 002; 004

**Развитие информатизации и государственной системы научно-технической информации (РИНТИ-2023)** : доклады XXII Международной научно-технической конференции, Минск, 16 ноября 2023 г. – Минск : ОИПИ НАН Беларуси, 2023. – 400 с. – ISBN 978-985-7198-15-3.

Представлены доклады XXII Международной научно-технической конференции «Развитие информатизации и государственной системы научно-технической информации» (РИНТИ-2023), Минск, 16 ноября 2022 г., в которых рассмотрены концептуальные основы создания Единого республиканского центра организации доступа к мировым электронным информационным ресурсам, результаты научно-методического обеспечения развития информатизации в 2022–2023 гг., роль человеческого капитала в развитии цифровизации и информационного общества в контексте качества образования, состояние и перспективы цифрового развития Республики Беларусь, вопросы непрерывной подготовки кадров в области кибербезопасности для цифровой трансформации и цифрового развития отраслей экономики Беларуси, необходимые условия технологического суверенитета в сфере ИКТ, факты истории создания белорусской вычислительной техники и др.

Рассмотрены вопросы научно-методического, информационного, технологического и правового обеспечения цифровой трансформации, проектирования и внедрения автоматизированных систем научно-технической информации, библиотечно-информационных систем и технологий, публикационной активности ученых, а также искусственного интеллекта и когнитивных технологий в информатизации.

Материалы конференции будут полезны специалистам в области информационно-коммуникационных технологий, занимающимся научно-методическим обеспечением информатизации и решением задач построения ИТ-страны, цифровой экономикой, разработкой и внедрением автоматизированных информационных систем управления, систем научно-технической информации, автоматизированных библиотечно-информационных систем и технологий, а также развитием информационной инфраструктуры Беларуси и других стран, реализацией проектов государственных и отраслевых программ в сфере информатизации.

Одобрены программным комитетом и печатаются по решению редакционной коллегии Объединенного института проблем информатики Национальной академии наук Беларуси в виде, представленном авторами.

#### **Научные редакторы:**

доктор военных наук, кандидат технических наук, доцент С. В. Кругликов  
кандидат технических наук, доцент Р. Б. Григянец  
кандидат технических наук, доцент В. Н. Венгеров

ISBN 978-985-7198-15-3

© ГНУ «Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси», 2023

<b>Бойко И. М.</b> Семантическое кодирование действий и смыслообразование с помощью универсального семантического кода.....	336
<b>Стрельченко О. А.</b> Применение метода многомерного шкалирования для распознавания когнитивных намерений .....	338
<b>Стрельченко О. А.</b> Человечность и искусственный интеллект .....	343
<b>Северин А. В.</b> Методы измерения меры сходства стимулов с помощью многомерного шкалирования .....	349
<b>Лосик Г. В., Чубаров С. И.</b> Алгоритм распознавания индивидуальных мотивов изучения как личностных параметров .....	354
<b>Бобрик А. П.</b> О возможности существования третьей сигнальной системы.....	359
<b>Назаров А. С.</b> Программный эксперимент с апробацией методов траекторной генерации перцептивного действия в когнитивных моделях антропоподобных локомоций.....	365
<b>Северин А. В.</b> Когнитивный робот и мотивы человека при манипулировании виртуальными трехмерными объектами.....	370
<b>Филипеня О. Л.</b> Информационный аспект интеллектуальной деятельности .....	374
<b>Потапов Б. В.</b> Компьютерное зрение в исследовании процессов произвольного запоминания с эмоциональным подкреплением .....	378
<b>НАШИ АВТОРЫ</b> .....	382
<b>ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ</b> .....	392

## МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ МЕРЫ СХОДСТВА СТИМУЛОВ С ПОМОЩЬЮ МНОГОМЕРНОГО ШКАЛИРОВАНИЯ

А. В. Северин

Брестский государственный университет им. А. С. Пушкина, Беларусь

*Обосновано применение в условиях информатизации нового аналогового метода кодирования для хранения в мозге информации о человеке как познавательной системе, о сходстве сигналов. Определены направления применения метода многомерного шкалирования для измерения сходства стимулов (измерения речевых стимулов-слов, восприятия предметов вариативной формы и др.).*

### Введение

В современных условиях развития информационных технологий человек оказывается в ситуации необходимости аналогового метода кодирования для хранения в мозге информации о человеке как познавательной системе, о сходстве сигналов. Для того чтобы от поколения к поколению эта информация сохранялась неизменной, ее носителем не может быть пластичность нейронов. Материальным носителем такой информации с точки зрения теории кодирования должно быть физическое, неменяющееся топологически тело. Для хранения информации о сходстве сигналов необходим аналоговый метод кодирования.

Филогенез мозга должен был обеспечить присутствие в нем кодирования информации местом нейронов, номером канала обработки, не амплитудой импульсной активности нейронов, а вектором. Физическое место нейронов, физическая удаленность разных нейронов, если ее сделать постоянной от поколения к поколению, могут быть носителем информации об антропологическом несходстве сигналов, о системе шкал, размерности психологического пространства, которым оперирует человек, когда отражает внешний мир [1]. Можно сделать вывод, что в этом случае требуются специальные, косвенные методы изучения и диагностики структуры такого топологического пространства. В нем существуют детекторы тех или иных значений входных сигналов. Их азимутные координаты в пространстве узнать непросто. Эти координаты нельзя измерить линейным во времени выходным сигналом. Измерительной может быть только процедура, например, попарной активации сразу двух детекторов. Так, подлежащим регистрации может быть сигнал быстрой смены мест возбуждения детекторов – сигнал, отражающий амплитудой физическую удаленность двух мест.

В соответствии с такими ограничениями в школе Е. Н. Соколова [2] оказались внедренными методы многомерного шкалирования, вызванных потенциалов, частотности попарных ошибочных замен сигналов. Применение этих методов дает первичные данные, которые показывают матрицу расстояний группы сигналов. Матрицу чисел далее обрабатывает компьютер и строит математическую модель того топологического пространства, которое могло дать полученные первичные матрицы. Оси или шкалы пространства затем анализируются и интерпретируются (получаются вторичные матрицы), необходимы их повороты в такую позицию, в которой нет феномена адаптации стимула.

Школой Е. И. Соколова [2] освоены три методологии экспериментального определения меры взаимной близости, которую человек навязывает группе сенсорных однотипных явлений, когда эта группа запоминается в психике номерами каналов. В лю-

бой из методологий меры взаимоблизости, после экспериментального их выявления, представляются квадратной матрицей чисел, в которой на пересечении строки  $n$  и столбца  $m$  находится балл (от 0 до 9 баллов) меры близости, похожести, сходства, трансформируемости друг в друга функций для человека  $n$ -го стимула с  $m$ -м.

### 1. Измерение меры сходства стимулов многомерным шкалированием

Метод многомерного шкалирования [3, 4] разрабатывался для решения задачи представления образов стимулов с помощью точек пространства, расстояния в котором моделируют субъективные различия в восприятии стимулов, предъявляемых в психофизических исследованиях. Основная гипотеза применения в исследовании многомерного шкалирования формулируется следующим образом. Каждый стимул из предъявляемого набора характеризуется множеством параметров, физических признаков. Предполагается, что при оценке различий субъект учитывает лишь небольшое число этих объективных параметров.

Задача многомерного шкалирования состоит в том, чтобы на основе суждений субъекта о межстимульных различиях выявить те объективные признаки стимулов, которые учитывались субъектом. Задача интерпретации полученных результатов многомерного шкалирования заключается в выяснении зависимости субъективных факторов образов стимула (осей сенсорного пространства) от объективных параметров стимулов.

Опишем процедуру метрического многомерного шкалирования, чтобы в явном виде сформулировать гипотезы и ограничения, присущие ей.

В результате предъявления испытуемому  $n$  стимулов  $S_1, \dots, S_n$  получается матрица  $D$  попарных различий  $D_{ij}$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) между стимулами  $S_i$  и  $S_j$ . Задача многомерного шкалирования состоит формально в построении геометрического пространства ( $X$ -пространства) возможно меньшей размерности  $R$  и отыскании координат точек  $x_i' = (i = 1, 2, \dots, n)$  в  $r$ -мерном  $X$ -пространстве, являющихся образами стимулов, так, чтобы матрица  $d$  расстояний  $d_{ij}$  ( $i, j = 1, 2, \dots, n$ ) между точками  $x_i$  и  $x_j$ , вычисленных в метрике  $X$ -пространства, была близка в смысле некоторого критерия  $I(D, d)$  к исходной матрице различий  $D$ .

Условия, налагаемые при применении метрического многомерного шкалирования на различия  $D_{ij}$ , получаемые в эксперименте, строго соответствуют аксиомам расстояния в евклидовой геометрии:

– условие рефлексивности различий означает, что между двумя идентичными стимулами различие  $D_{ii}$  равно нулю:  $D_{ii} = 0$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) и что если расстояние между двумя стимулами равно нулю, то эти стимулы идентичны;

– условие симметричности различий  $D_{ij} = D_{ji}$  для любых пар стимулов  $S_i$  и  $S_j$  означает, что оценка различия  $S_i$  и  $S_j$  не зависит от порядка предъявления стимулов  $S_i$  и  $S_j$ ;

– условие выполнения неравенства треугольника  $D_{ij} + D_{jk} \geq D_{ik}$  для взаимных различий между любыми тремя стимулами  $S_i, S_j$  и  $S_k$ .

Анализ показывает, что оценки различий между сложными ситуациями часто не удовлетворяют по крайней мере некоторым из приведенных условий. По-видимому, естественным является предположение, что различие между идентичными ситуациями должно быть равно нулю:  $D_{ii} = 0$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ). Однако субъект может дать оценку  $D_{ij} = 0$  для пары объективно различных ситуаций-стимулов  $S_i$  и  $S_j$ , субъективно считая их идентичными. Это предположение естественно с точки зрения общей гипотезы многомерного шкалирования, так как если субъект оценивает различие стимулов  $S_i$  и  $S_j$  только по части объективных параметров, то при совпадении только этих параметров

субъект даст оценку  $D_{ij} = 0$ , а стимулы  $S_i$  и  $S_j$  будут различаться по тем параметрам, которые субъект не принял во внимание при оценке. Нецелесообразно также требовать выполнения условия симметричности оценок различий  $D_{ij} = D_{ji}$ , так как субъект может давать оценки  $D_{ij} \neq D_{ji}$  различий стимулов  $S_i$  и  $S_j$ , зависящие либо от пространственной, либо от временной перестановки стимулов. Наконец, совершенно нецелесообразно требовать выполнения неравенства треугольника, так как оно весьма часто нарушается в эксперименте для сложных стимулов.

## **2. Направления в применении метода многомерного шкалирования**

### **2.1. Измерение меры сходства стимулов с помощью оценки ошибочных замен**

Многомерное шкалирование может применяться для изучения меры сходства разных стимулов с помощью оценки частотности ошибочных замен одного поступившего на вход сигнала (при его распознавании) на иной сигнал.

В связи с этим необходимо искусственно создавать трудность распознавания, например, сокращая время экспозиции. Эта методология продолжительная во времени. В результате также получаем эмпирические данные в виде квадратной матрицы.

### **2.2. Измерение меры сходства стимулов с помощью вызванного потенциала**

Многомерное шкалирование может применяться для изучения меры сходства стимулов с помощью вызванного потенциала. Применение данного метода реализуется с помощью регистрации величины вызванного потенциала электроэнцефалограммы в ответ на предъявление с быстрой сменой двух сигналов друг за другом на фоне тишины. Е. И. Соколовым доказано, что величина вызванного потенциала пропорциональна степени несходства двух предъявленных сигналов [2].

### **2.3. Измерение меры сходства звучания речевых стимулов-слов с помощью статистики слогов в рифме стихотворения**

Многомерное шкалирование может применяться для изучения меры сходства звучания речевых стимулов-слов. Например, стихотворение строится с использованием рифмы – созвучности слов в конце строк стихотворения «Буря мглою небо кроет...» Слог *мглою* созвучен со слогом *кроет*. Следовательно, можно получить бóльшую статистику того, какой слог с каким в рифме ставят поэты. Частотность можно принять за балл степени сходства звучания слогов. Затем меру созвучности можно определить путем анализа гласной фонемы и согласных фонем в двух слогах, а также определить степень влияния сходства модели слога: закрытый, открытый, прикрытый.

### **2.4. Измерение сформированности и функционирования перцептивных действий испытуемого при восприятии предметов вариативной формы**

Испытуемому по очереди предъявляются пары стимулов. Восприняв пару стимулов, испытуемый согласно инструкции принимает субъективное интуитивное решение, насколько они близки друг другу в масштабах шкалы от 0 до 9 (0 – абсолютно различны, 9 – тождественны).

Применение многомерного шкалирования для построения перцептивного пространства основано на представлениях о том, что субъективные различия стимулов и признаки, по которым различаются эти стимулы, связаны между собой уравнением

евклидовой метрики. Получая матрицу попарных субъективных различий прямо из ответов респондентов, оценивающих различия в баллах (от 0 – минимальное различие, до 9 – максимальное), можно затем при помощи алгоритмов многомерного шкалирования восстановить числовые оценки различительных признаков для каждого стимула в виде координат его точки-образа, отстоящей от всех других стимульных точек на расстоянии, равные соответствующим межстимульным различиям.

При построении геометрического описания перцептивного пространства исследователь решает две основные задачи:

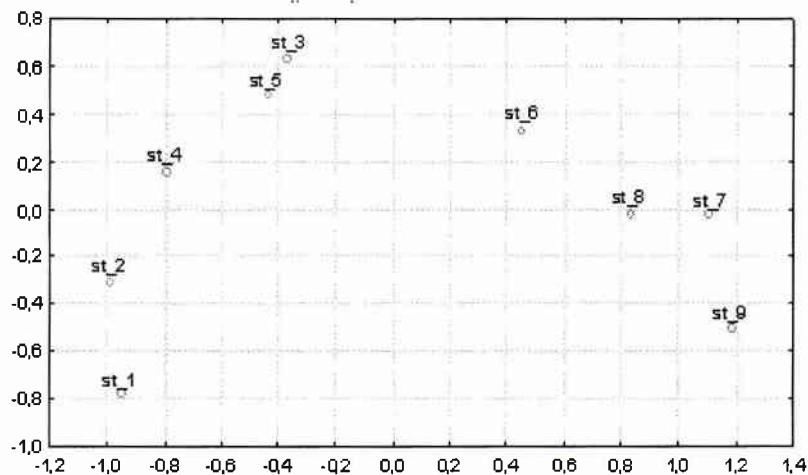
- определение количества осей – размерности пространства, необходимого для описания экспериментальных данных о различиях;

- содержательная интерпретация этих осей в терминах перцептивных признаков.

Рассмотрим это на примере исследования перцептивных действий подростков с предметами вариативной формы [5]. При создании авторской методики «Сенсомоторная гимнастика», которая применима для коррекции нарушений мелкой моторики, тактильного восприятия и внимания, компьютерной зависимости, были разработаны: сенсорные наборы, процедура предъявления сенсорного материала, процедура выявления диапазона чувствительности при восприятии предметов вариативной формы (исследование одного, двух и нескольких анализаторов).

В качестве выходных параметров, которые могут быть получены с помощью многомерного шкалирования, можно взять следующие метрические характеристики: количественная представленность признаков осей-шкал, которые задействуются испытуемым; субъективная интерпретация каждой шкалы, так как они становятся известными после обработки матрицы субъективных балльных оценок на компьютере; картина последовательности, очередности места расположения предметов-стимулов вдоль каждой шкалы; картина, которую также дает компьютерная обработка. По распределению точек-стимулов на шкале можно вычислить *точность* шкалы, которая сформировалась у испытуемого на данный момент. Посредством многомерного шкалирования получается «сетка», картинка с расположением девяти предметов вариативной формы (точек-стимулов) по определенной шкале (например, шкале упругости). В итоге была получена картина расположения всех девяти предметов вариативной формы в пространстве признаков по отношению друг к другу (рисунок). Анализ такого расположения стимулов на сетке позволяет экспериментатору судить о точности работы шкалы. В процессе поиска наилучшего совпадения разрешалось поворачивать оси. Обработка данных матриц каждого испытуемого и построение признакового пространства производились индивидуально. При этом для получения более точного результата и «подгонки осей» под искомую шкалу рекомендуется использовать не менее трех размерностей [4, 5].

В исследовании [5] доказано, что сформированность навыка восприятия вариативного по форме предмета у подростка может оцениваться по интегральной шкале упругости (матрица субъективных оценок предметов вариативной формы). Операционально шкала упругости включает показатель точности работы шкалы. При этом сформированность навыка перцептивных действий с предметом вариативной формы имеет статистические различия у подростков разных групп. Выявлена прямая закономерность: чем выше сформированность навыка перцептивного действия с предметом вариативной формы у подростков, тем выше показатель точности шкалы упругости. При помощи многомерного шкалирования выявлены значимые различия между группами (художники, геймеры, обычные испытуемые и слабовидящие) в сформированности перцептивных действий с предметами вариативной формы по показателю точности шкалы упругости ( $F_{\text{эмп.}} = 45,14; p \leq 0,05$ ).



Расположение точек-стимулов на плоскости субъективного пространства испытуемого

### Заключение

Метод многомерного шкалирования может быть применен для измерения меры сходства стимулов в следующих аспектах: с помощью оценки ошибочных замен с помощью вызванного потенциала, меры сходства звучания речевых стимулов-слов с помощью статистики слогов в рифме стихотворения, сформированности и функционирования перцептивных действий испытуемого при восприятии предметов вариативной формы. Перспективность применения такого метода определяется тем, что становится возможным исследование психических познавательных и регулятивных процессов и их интерпретации (например, восприятия, речи и др.).

При написании данной статьи использовались материалы, которые были получены в результате плодотворных научных дискуссий и обсуждений автора с доктором психологических наук Г. В. Лосиком.

### Список литературы

1. Лосик, Г. В. Кодирование информации в мозге / Г. В. Лосик. – СПб. : Питер, 2015. – 144 с.
2. Соколов, Е. Н. Восприятие и условный рефлекс. Новый взгляд / Е. Н. Соколов. – М. : МГУ, 2003. – 288 с.
3. Дэйвисон, М. Многомерное шкалирование / М. Дэйвисон. – М. : Финансы и статистика, 1988. – 254 с.
4. Измайлов, Ч. А. Сферическая модель цветоразличения / Ч. А. Измайлов. – М. : Изд-во МГУ, 1980. – 172 с.
5. Северин, А. В. Шкала упругости как индикатор сформированности навыка перцептивного действия с предметом вариативной формы / А. В. Северин // Научные труды Республиканского института высшей школы. Исторические и психолого-педагогические науки : сб. науч. ст. : в 2 ч. / редкол.: В. Ф. Беркова [и др.]. – Минск : РИВШ, 2014. – Ч. 2. – С. 243–250.