

К.О. Гнидко

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНОГО И ГРУППОВОГО ПОВЕДЕНИЯ В P-АДИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ КООРДИНАТ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

---

*Гнидко К.О.* Моделирование индивидуального и группового поведения в p-адических системах координат для решения задач информационной безопасности.

**Аннотация.** В настоящей работе предложена формальная модель индивидуального и группового поведения на основе применения p-адической системы координат, позволяющая осуществлять описание и прогнозирование поведенческих реакций персонала критически важных объектов в условиях внешних деструктивных информационных воздействий.

**Ключевые слова:** поведенческие реакции, p-адическое исчисление, информационная безопасность.

*Gnidko K.O.* Modeling of Individual and Group Behavior in P-adic Coordinate Systems in Order to Solve Information Security Problems.

**Abstract.** In this paper, we propose a formal model of individual and group behavior based on p-adic coordinate system. The model developed allows description and prediction of behavioral reactions of the personnel of critically important objects under conditions of external destructive informational impacts.

**Keywords:** behavioral reactions; p-adic computation; informational security.

---

**1. Введение.** Доктрина информационной безопасности РФ [1] указывает, что к основным угрозам информационной безопасности России относятся, в частности:

- противояправное применение специальных средств воздействия на индивидуальное, групповое и общественное сознание;
- девальвация духовных ценностей, пропаганда образцов массовой культуры, основанных на культе насилия, на духовных и нравственных ценностях, противоречащих ценностям, принятым в российском обществе.

Доктрина подчеркивает, что сложившееся положение дел в области обеспечения информационной безопасности Российской Федерации требует безотлагательного решения таких задач, как разработка современных методов и средств защиты информации, обеспечения безопасности информационных технологий, и прежде всего используемых в системах управления войсками и оружием, экологически опасными и экономически важными производствами. При этом к организационно-техническим методам обеспечения информационной безопасности относится, в частности, формирование системы мониторинга показателей и характеристик информационной безопасности Российской Федерации в наиболее важных сферах жизни и деятельности общества и государства.

С учетом приведенных положений и требований Доктрины информационной безопасности РФ, естественным образом возникает задача разработки системы мониторинга и прогнозирования эффекта непосредственного, накопленного и отложенного деструктивного информационно-психологического воздействия на индивидуальное и групповое поведение персонала критически важных объектов инфраструктуры. Подчеркнем, что групповое поведение несводимо к простой сумме действий составляющих группу индивидов. Одним из первых данный феномен отметил в конце XIX в. французский социолог Э. Дюркгейм: «Группа думает, чувствует, действует совсем иначе, чем это сделали бы ее члены, если бы они были разъединены».

Таким образом, ключевым элементом разрабатываемой системы мониторинга информационно-психологической безопасности должна стать модель индивидуального и группового поведения, которая будет являться кибернетическим эквивалентом поведенческих реакций персонала защищаемого объекта критически важной инфраструктуры. Главным требованием к такой модели является универсальность, то есть возможность адекватного описания максимально широкого круга реакций и психологических состояний.

**2. Современные подходы к проблеме моделирования поведенческих реакций.** Индивидуальные и групповые поведенческие реакции являются объектом пристального интереса ряда научных дисциплин, начиная от физиологии высшей нервной деятельности и психологии, заканчивая социологией и кибернетикой. Каждая из этих наук изучает определенные свойства и характеристики поведения, рассматривая его либо как функцию нейрофизиологических процессов, либо как продукт социализации и т. п. Разнообразие поведенческих теорий свидетельствует о несомненной сложности и комплексности этого феномена, обусловленного воздействием множества факторов как природного, так и социального порядка.

Главенствующие в кибернетике взгляды на моделирование поведения человека могут быть сведены к четырем парадигмам:

*A:* Всякая поведенческая реакция есть результат выполнения соответствующего вычисления в мозгу.

*B:* Поведенческие реакции представляют собой характерное проявление физической активности мозга. Хотя любую физическую активность можно моделировать посредством той или иной совокупности вычислений, численное моделирование как таковое не способно адекватно воспроизвести поведение человека.

*C:* Поведение является результатом соответствующей физической активности мозга, однако эту физическую активность невозможно должным образом смоделировать вычислительными средствами.

*D:* Поведение человека невозможно объяснить в физических, математических и вообще научных терминах.

Роджер Пенроуз в работах [2,3] детально рассматривает все перечисленные парадигмы и приводит трудно опровержимые доводы в пользу точки зрения С. Главным препятствием на пути создания модели разумного поведения человека при помощи «традиционных» методов искусственного интеллекта и машинного обучения становится так называемая «теорема Гёделя о неполноте». Среди положений, которые доказал Курт Гёдель, имеется следующее: нельзя создать такую формальную систему логически обоснованных математических правил, доказательства которой было бы достаточно, хотя бы в принципе, для доказательства всех истинных теорем элементарной арифметики.

Следствием этой теоремы является тот факт, что способность человека к пониманию и постижению сути вещей невозможно свести к какому бы то ни было набору вычислительных правил. Иными словами, нельзя создать такую систему правил, которая оказалась бы достаточной для доказательства даже тех арифметических положений, истинность которых, в принципе, доступна для человека с его интуицией и способностью к пониманию, а это означает, что интуицию и понимание, определяющие поступки человека, невозможно свести вообще к какому бы то ни было набору правил [3].

Данное фундаментальное ограничение вовсе не означает, что отдельные поведенческие реакции совершенно невозможно моделировать. Являясь существом не только социальным, но и биологическим, человек в процессе эволюционного развития выработал, унаследовал от предков и сохранил множество древних и достаточно примитивных в своей основе устойчивых паттернов поведения. Особенно ярко такие паттерны проявляются в критических ситуациях, когда у коркового анализатора недостаточно времени на осознание и анализ ситуации, а также в случае возникновения так называемого «эффекта толпы», превращающего совокупность рационально мыслящих индивидов в агрессивную человеческую массу, подчиняющуюся особым законам. Психологами описан широкий класс когнитивных искажений, то есть систематических ошибок в суждениях, которые возникают на основе дисфункциональных убеждений, внедренных в когнитивные схемы [4]. Все многочисленные проявления когнитивных искажений могут быть отнесены к двум классам, первый из которых обусловлен незнанием фундаментальных закономерностей бытия или неумением применять эти знания на практике. Ко второму классу когнитивных искажений относятся случаи, когда неосознаваемые или неконтролируемые психические процессы становятся причиной нежелательной реакции индивида [5]. Когнитивные искажения присущи практически всем людям без исключения, вне зависимости от расовой, культурной и религиозной принадлежности, они легко обнаруживаются при анализе автоматических мыслей и легко воспроизводятся в результате эксперимента. Таким образом, вполне естественно попытаться создать формальную

теорию для математического описания и прогнозирования поведенческих реакций человека. Для этого необходимо выбрать соответствующую систему координат и установить законы перехода системы из состояния в состояние в фазовом пространстве.

**3. Моделирование поведения в  $p$ -адических системах координат.** В ходе любого опыта, лежащего в основе построения теории, мы можем измерить интересующую нас величину лишь с точностью до конечного числа знаков после запятой, получив на выходе рациональное число. Развивая теорию, исследователь начинает с поля рациональных чисел  $\mathbb{Q}$ , которому принадлежат все экспериментальные данные, а затем пополняет  $\mathbb{Q}$ , строя абстрактную математическую модель. Одна из фундаментальных теорем теории чисел, теорема Островского, утверждает, что действительные метрики вида  $\varphi(x) = |x|^\alpha$  и  $p$ -адические метрики  $\varphi_p(x) = \rho^{v_p(x)} a/b$  ( $a$  и  $b$  целые, не делящиеся на  $p$ ) для всех простых  $p$  исчерпывают все нетривиальные метрики поля рациональных чисел  $\mathbb{Q}$  [6]. Таким образом, третьего «естественного континуума» не существует. Любое пополнение поля  $\mathbb{Q}$ , являющееся полем, — это либо поле вещественных чисел  $\mathbb{R}$ , либо одно из полей  $p$ -адических чисел  $\mathbb{Q}_p$ ,  $p$  — простое.

Приведем основные определения из области  $p$ -адического исчисления. Целым  $p$ -адическим числом для заданного простого  $p$  называется бесконечная последовательность  $x = \{x_1, x_2, \dots\}$  вычетов  $x_n$  по модулю  $p^n$ , удовлетворяющих условию:  $x_n \equiv x_{n+1} \pmod{p^n}$ .

Любое рациональное число  $r$  можно представить как  $r = p^n \frac{a}{b}$ , где  $a$  и  $b$  целые числа, не делящиеся на  $p$ , а  $n$  — целое.

$|r|_p$  ( $p$ -адическая норма  $r$ ) определяется как  $p^{-n}$ .  $|0|_p = 0$ . Поле  $p$ -адических чисел есть пополнение поля рациональных чисел с метрикой  $d_p$ , определенной  $p$ -адической нормой:  $d_p(x, y) = |x - y|_p$ , норма  $|r|_p$  продолжается по непрерывности до нормы на  $\mathbb{Q}_p$ .

Большинство исследователей [7-10] идут по пути использования для моделирования поведенческих реакций той же вещественной системы координат, которая использовалась для описания материального макромира, однако данный факт практически не приблизил нас к пониманию феномена индивидуального и группового поведения. Но если вещественные числа, как показала практика, не подходят для решения данной задачи, то, в силу теоремы Островского, единственным выходом является использование  $p$ -адической системы координат. Уместно привести высказывание одного из известных исследователей биофизики С.В. Козырева: «Неэффективность математических методов в биологии может быть связана именно с тем, что к биологии пытались применять, как и к физике, методы вещественного анализа, в то время как базовые модели биологии, возможно, должны выражаться на ультраметрическом языке». Примечательным является тот факт, что адические координаты

естественным образом задают ультраметрическую (неархимедову) топологию пространства. Одним из первых обратил внимание на возможность применения  $p$ -адического анализа к проблеме моделирования поведения А.Ю. Хренников в работе [11], которая во многом послужила отправной точкой для настоящего исследования.

Наши дальнейшие рассуждения будут исходить из предположения: следствие из теоремы Островского является отражением дуализма «материя-дух» в природе. Вещественные числа описывают материальный макроскопический мир и движение объектов в нем,  $p$ -адические — ментальные пространства и динамические процессы в них. При этом прослеживаются очевидные аналогии в структуре и свойствах ментального и  $p$ -адического пространства (см. таблицу 1).

Таблица 1. Некоторые важные аспекты ментального пространства в контексте сравнения  $p$ -адического и вещественного исчисления

Ментальное пространство	$p$ -адические числа	Вещественные числа
Четко выраженная иерархия понятий, образов, чувств. Существуют несопоставимые объекты $\Rightarrow$ частичная упорядоченность	Отношение частичного порядка. Иерархическая древовидная структура	Однородность. Все точки физического пространства $\mathbb{R}^3$ равноправны
Не выполняется аксиома Архимеда: $\forall d, D (d, D \in \mathbb{R}_+) \exists n \in \mathbb{N}: (n-1)d \leq D \leq nd$	Неархимедова (ультраметрическая) геометрия пространства. Выполняется усиленное неравенство треугольника $ c  \leq \max( a ,  b )$	Выполняется аксиома Архимеда и неравенство треугольника: $ c  \leq  a  +  b $
Дискретность мыслей, образов, идей	Дискретность	Непрерывность
Фундаментальное свойство ментальных пространств — несвязность	Несвязность пространства	Связность пространства

**4. Структура и основные элементы модели индивидуального и группового поведения.** В целом разрабатываемая нами модель индивидуального и группового поведения будет опираться на предложенную З. Фрейдом структуру личности, рассматривающую последнюю в единстве таких составляющих, как бессознательное «Оно» (id), сознательное «Я» (ego) и надсознательное «Сверх-Я» (super-ego), которое является носителем традиций и ценностей, передающихся из поколения в поколение и трудно поддающихся изменениям. Но если для Фрейда природное и культурное пересекались лишь в фокусе «Я», становящегося при этом сферой не столько их единства, сколько борьбы, то современная психология делает акцент на «сквозной» функциональной и генетической зависимости всех трех компонентов. Бессознательное представляет собой не просто энергетический комплекс чисто природных инстинктов, но не

в меньшей степени детерминировано социальной средой, культурными и языковыми программами. Одновременно на уровне группового и массового поведения можно говорить о существовании многообразных социально-психологических феноменов, репрезентирующих бессознательное, поэтому мы не можем исключить из рассмотрения ни один из названных компонентов.

Важным элементом разработанной модели индивидуального и группового поведения является управляющий центр сознания (УЦС), который обрабатывает возникающие потребности и поступающие на вход внешние информационные стимулы, после чего формулирует задачи и посылает их в область бессознательного (рисунок 1). Поиск решения задач, поставленных УЦС, происходит в области бессознательного, где работает сложная динамическая система.

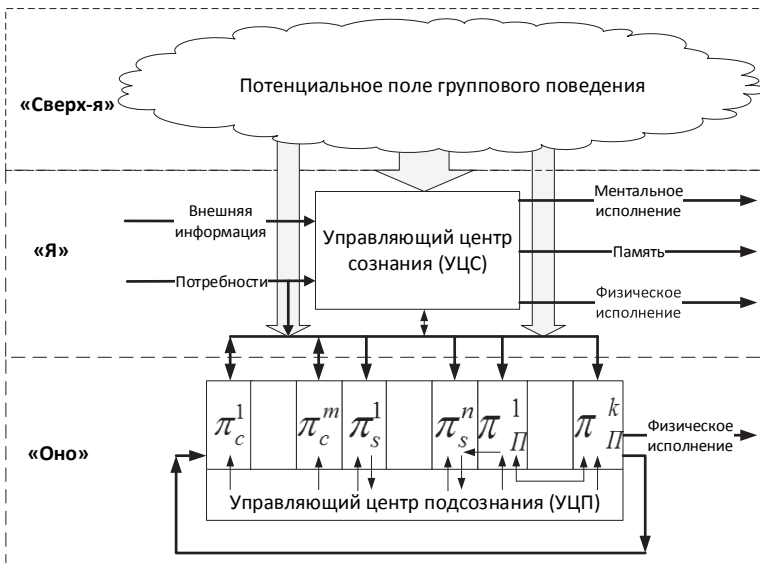


Рис 1. Структура модели индивидуального и группового поведения

Ее работа начинается с  $l$ -состояния  $x_0$  (или группы  $l$ -состояний  $U_0$ ), которое сообщается УЦС. Математически это соответствует выбору начальной точки  $x_0$  (или окрестности  $U_0$ ). Отправляясь от этой начальной точки  $x_0$ , мыслительный процессор  $\pi$ , находящийся в области бессознательного, генерирует с большой скоростью огромное число новых  $l$ -состояний:  $x_1 = f(x_0), \dots, x_{n+1} = f(x_n), \dots$  Эти  $l$ -состояния не используются сознанием. Сознание (а именно УЦС) управляет только некоторыми исключительными моментами в работе динамической системы в области бессознательного. Это различные режимы стабили-

зации. Важнейшие из них — аттракторы, которые рассматриваются сознанием как возможные решения задачи. Могут также возникать циклы ( $c \rightarrow b \rightarrow \dots \rightarrow c \rightarrow a$ ), которые порождают сигналы к остановке динамической системы. Если УЦС не может принять какое-либо решение, тогда он посылает новое начальное  $l$ -состояние  $x'_0$  в область бессознательного или меняет режим работы мыслительного процессора. Математически смена режима может быть описана как смена функции  $f(x)$ , определяющей динамическую систему. Таким образом, мы можем описывать процесс формирования поведенческих реакций как работу семейства динамических систем  $f_{\{\alpha\}}(x)$ , где параметр  $\alpha$  выбирается сознанием. Подходы к учету в нашей модели эффектов группового поведения, возникающих в результате действия соответствующего потенциального поля, более подробно рассмотрены в разделе 6 настоящей работы.

Введем дополнительно следующие понятия и определения. Символ  $\tau$  будет использоваться для обозначения мыслящих систем. Мыслящие системы оперируют с информационными состояниями ( $l$ -состояниями). Иерархические семейства  $l$ -состояний образуют  $l$ -объекты, которые мы будем называть ассоциациями. Семейства ассоциаций образуют  $l$ -объекты высшего уровня. Они будут называться идеями. Множество  $l$ -состояний ментального пространства  $X_l$  мыслящей системы  $\tau$  в нашей модели имеет структуру  $p$ -адического дерева:  $X_l = \mathbb{Z}_p$ . Таким образом, в нашей математической модели ментальное пространство представляется как ультраметрическое пространство  $(\mathbb{Z}_p, \rho_p)$ . Поясним сказанное схематичным изображением участка произвольного ментального пространства  $x$ , для  $p = 3$  (рисунок 2).

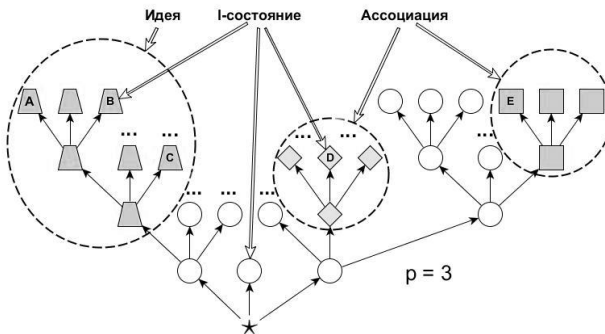


Рис. 2. Представление ментального пространства  $X_l$  мыслящей системы  $\tau$  в виде 3-адического дерева

Топология ментального пространства, задаваемого моделью, имеет следующую особенность: два  $l$ -состояния  $x$  и  $y$  близки, если они имеют достаточно длинный общий корень. Значение  $p$ -адической метрики между двумя информационными состояниями может быть вычислено как  $p^{-n}$ , где  $n$  — длина общего корня для двух состояний. Так, например, значения  $p$ -адической метрики между информационными состояниями  $A$  и  $B$ , вложенными в одну и ту же ассоциацию и идею:  $|A - B|_3 = 3^{-3} = 1/27$ . В то же время значение метрики для состояний  $B$  и  $C$ , составляющих одну и ту же идею, но принадлежащих разным ассоциациям, равно  $1/9$  ( $|B - C|_3 = 3^{-2}$ ). Соответственно,  $|D - E|_3 = 1/3$ ,  $|A - E|_3 = 1$ .

**5. Моделирование динамики поведенческих реакций.** Для того чтобы построить математическую динамическую модель индивидуального и группового поведения, необходимо описать взаимодействия между  $l$ -состояниями. Мы представляем эти взаимодействия, пользуясь преобразованиями пространства  $X_l$ , которые порождают новое  $l$ -состояние  $x = g(x_1, \dots, x_n)$ . Математическое описание функций взаимодействия информационных состояний является нетривиальной задачей. В настоящее время мы не знаем достоверно типы преобразований иерархических деревьев, которые описывают взаимодействия между  $l$ -состояниями в мозгу человека. Знание таких законов и их формальное описание позволило бы предсказать (контролировать) поведение мыслящей системы  $\tau$ . Например, мы предлагаем  $\tau$  начальную идею  $x_0$ , принадлежащую области притяжения  $A(x_a)$ . Тогда мы можем быть уверены в том, что  $\tau$  после некоторых размышлений придет к мысли  $x_a$ . Наша математическая модель дает правило нахождения  $x_a$ : эта идея ( $l$ -состояние в простейшей модели поведения) должна иметь общий начальный отрезок с  $x_a$  в закодированном представлении.

Таким образом, основной проблемой на пути прогнозирования индивидуального и группового поведения является поиск корректных динамических законов  $f_s(x)$ , описывающих работу отдельных процессов мышления. Следует подчеркнуть, что мы ни в коем случае не можем утверждать, что поведение индивида или группы на самом деле определяется этими (или подобными) законами;  $f_s(x)$  можно рассматривать только в качестве математических абстракций, описывающих (с некоторым приближением) внешние проявления поведенческих реакций. Каким же образом могут быть найдены эти динамические законы? Уместно предположить, что в данном случае можно использовать физическую аналогию и применить к ментальным процессам принцип наименьшего действия Гамильтона, которому подчиняются все фундаментальные взаимодействия и являющийся, таким образом, одним из наи-



более универсальных законов природы. В классической механике действие для системы с одной степенью свободы определяется формулой:

$$S[q] = \int L(q(t), \dot{q}(t), t) dt,$$

где  $L(q(t), \dot{q}(t), t)$  — лагранжиан системы, зависящий от обобщенной координаты  $q(t)$ , ее первой производной  $\dot{q}(t)$ , а также от времени  $t$ .

Если задан лагранжиан системы, то с помощью вариационного исчисления можно установить, как именно будет двигаться тело, сначала получив уравнения движения — уравнения Эйлера — Лагранжа, а затем решив их. Это позволяет не только обобщить формулировку механики, но и выбирать наиболее удобные координаты для каждой определенной задачи, не ограничиваясь декартовыми. Интересна также и аналогия с квантовыми процессами, когда частица движется из начального состояния в конечное сразу по всем мыслимым траекториям (которых, очевидно, бесконечное число). В этом случае амплитуда вероятности перехода из одного заданного состояния в другое является суммой амплитуд по всем этим траекториям. Таким образом, возможные проблемы на пути формального описания поведенческих реакций связаны с поиском аналога функций Лагранжа или Гамильтона для ментального фазового пространства.

Для проверки адекватности полученных теоретических результатов существует только одна возможность: задокументировать реальные поведенческие реакции отдельных индивидов и групп для большого класса начальных условий  $x_0$  и сравнить эти результаты с прогнозами полученными с помощью теоретических рассмотрений. В рамках настоящей работы мы можем рассмотреть лишь некоторые простейшие преобразования. Тем не менее эти преобразования на  $p$ -адическом дереве, как будет показано ниже, вполне могут моделировать некоторые существенные черты разумного поведения, в том числе группового.

Последним шагом в построении математической модели индивидуального и группового поведения является описание эволюционного процесса в пространстве  $I$ -состояний. Поведение рассмотрим как динамическую систему  $x_n = f(x_{n-1})$  на пространстве  $I$ -состояний  $X_I$ . Начиная с  $I$ -состояния  $x_0$ , мы получаем цепь  $I$ -состояний  $x_0, x_1, \dots, x_n, \dots$ , которые внешне проявляются как поведенческие реакции. Нас интересует непрерывное отображение  $f: X_I \rightarrow X_I$ . В соответствии с нашим определением близости  $I$ -состояний,  $f$  отображает  $I$ -состояния  $x$  и  $y$ , имеющие длинный общий корень, в  $I$ -состояния  $x' = f(x)$  и  $y' = f(y)$ , которые также обладают длинным общим корнем. Эта «общекорневая» гладкость динамических законов дает возможность поднять

динамику  $I$  – состояний до динамики ассоциаций (пучков ветвей, обладающих общим корнем), а затем и идей (семейств пучков ветвей).

Динамика ментальных процессов в предлагаемой нами модели может быть описана следующим образом: начальное  $I$  – состояние  $x_0$  посылается в область бессознательного, где итерировается некоторой динамической системой, определяемой отображением  $f: \mathbb{Z}_p \rightarrow \mathbb{Z}_p$ . Атрактор передается в сознание, он и будет решением задачи  $x_0$ . Процесс мышления совершается динамической системой:

$$x_{n+1} = f(x_n); x_n \in X_I,$$

где  $X_I$  — конфигурационное пространство динамической системы. Начиная с  $I$  – состояний  $x_0$ , мы получаем цепь  $I$  – состояний  $x_0, x_1, \dots, x_n, \dots$ . В рамках разработанной модели мы рассматриваем формальную теорию ментальной механики по аналогии с ньютоновской механикой. Аналогом материального пространства  $X_{\text{мат}}$  для этой математической модели является ментальное пространство  $X_I$ . Мыслящая система  $\tau$  описывается как преобразователь информации:  $I$  – состояние  $q \in X_I$  находится в процессе постоянной эволюции. Мыслящая система  $\tau$  производит преобразования  $q \rightarrow q' \rightarrow q'' \rightarrow \dots$ . Временной параметр этой эволюции является также  $I$  – параметром, а именно ментальным временем системы  $\tau, t \in X_I$ . Активность  $\tau$  порождает траекторию  $q(t)$  в ментальном пространстве  $X_I$ . Будем считать, что траектория  $q(t)$  эволюции  $I$  – состояния определяется силами и начальными условиями. Как и в ньютоновской механике, мы вводим скорость  $v(t)$  изменения  $I$  – состояния  $q(t)$ . Она может вычисляться как производная в ментальном пространстве  $X_I$  величины  $q(t)$  по ментальному времени  $t$ , для соответствующих дифференциальных исчислений.

Пусть «ментальная масса» мыслящей системы  $\tau$  равна 1. Тогда мы можем отождествлять скорость  $v$  с импульсом  $p = mv = v$ . Будем говорить, что  $p$  — мотивация, изменяющая  $I$  – состояние  $q(t)$ . Предположим, что ментальная динамика в  $X_I$  описывается с помощью  $I$  – аналога второго закона Ньютона. Тогда траектория  $p(t)$  мотивации системы  $\tau$  описывается уравнением:

$$\dot{p}(t) = f(t, q), \quad p(0) = p_0, \quad t, q, p \in X_I,$$

где  $f(t, q)$  —  $I$  – сила, порожденная внешними источниками информации, в частности, другими мыслящими системами. Если начальная мотивация  $p_0$  и  $I$  – сила  $f(t, q)$  известны, то мотивация  $p(t)$  может быть найдена в каждый момент ментального времени  $t$  интегрированием

уравнения, приведенного выше. Траектория  $q(t)$  эволюции  $l$ -состояния может быть найдена интегрированием уравнения:

$$\dot{q}(t) = p(t), \quad q(0) = q_0, \quad t, q, p \in X_l.$$

### 6. Пример 2-адического описания динамики поведения.

Пусть абитуриент рассматривает  $n$  вариантов выбора специальности в ВУЗе. Для каждой из специальностей имеется метка  $\alpha \in \{0,1\}$ . Если абитуриент не проходит на выбранную специальность по баллам, то метка  $\alpha$  принимает значение 0, и соответственно,  $\alpha = 1$ , если количество баллов достаточно для поступления на данную специальность. Множество специальностей упорядочено по их месту в индивидуальной иерархии ценностей абитуриента:

$$B_0, B_1, \dots, B_{n-1},$$

где  $B_0$  — «специальность мечты»,  $B_1$  — чуть менее привлекательна, чем  $B_0$ , и т.д. Тогда состояние намерений абитуриента относительно рассматриваемых специальностей можно описать  $p$ -адическими натуральными числами:

$$x = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot 2 + \dots + \alpha_{n-1} \cdot 2^{n-1},$$

где  $\alpha_j$  — метка специальности  $B_j$ .

Пусть процесс мышления, ответственный за выбор специальности, описывается динамической системой

$$f_s(x) = x^s.$$

Процесс мышления будет различаться при различных значениях параметра  $s$ .

Пусть  $s = 2$ . Допустим, что абитуриент имеет начальное состояние  $x_0$ . Возникают две возможности:

1) Если начальное состояние принадлежит 2-адическому шару с радиусом  $1/2$  и центром в точке 0 ( $x_0 \in U_{1/2}(0)$ ), т.е.  $\alpha_0 = 0$ , тогда итерации  $x_n$  сходятся к аттрактору  $\alpha_0 = 0$ .

2) Если начальное состояние лежит на сфере радиуса 1 с центром в точке 0 (принадлежит шару с радиусом  $1/2$  и центром в точке 1,  $x_0 \in S_1(0) = U_{1/2}(1)$ ), т.е.  $\alpha_0 = 1$ , тогда итерации  $x_n$  сходятся к аттрактору  $\alpha_0 = 1$  (см. рисунок 3).

Описанные ситуации весьма часто встречаются в реальном поведении индивидов. Так, например, в первом случае, когда абитуриент не имеет возможности поступить на наиболее привлекательную для него специальность, он воспринимает это как своего рода трагедию и принимает решение отказаться от всех остальных вариантов.

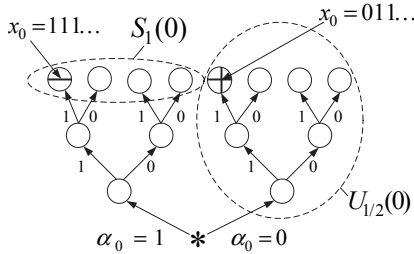


Рис. 3. Пример 2-адического описания динамики поведения

Действительно, пусть  $x_0 = 011 \dots$ . Тогда, в соответствии с правилами умножения  $p$ -адических чисел:

$$\begin{aligned} x_1 &= x_0^2 = 001001 \dots \\ x_2 &= x_1^2 = 000010001 \dots \\ x_n &= 000000000 \dots \end{aligned}$$

Во втором случае, когда количество баллов достаточно для поступления на «специальность мечть», абитуриент также отказывается от всех остальных вариантов, но уже по иной причине — его возможности совпадают с желаемым результатом и выбор однозначен. Продемонстрируем это эволюцией намерений, начиная с состояния  $x_0 = 111 \dots$

$$\begin{aligned} x_1 &= x_0^2 = 1000110 \dots \\ x_2 &= x_1^2 = 1000011010 \dots \\ x_n &= 100000000 \dots \end{aligned}$$

Пусть теперь параметр  $s = 3$ . В этом случае поведение индивида обладает более сильной нелинейностью. Если  $x_0 \in U_{1/2}(0)$ , тогда результат работы динамического процессора  $f_3(x) = x^3$  совпадает с соответствующим исходом при  $s = 2$  (с той же психологической интерпретацией). Однако если  $x_0 \in S_1(0)$ , тогда процесс выбора может стать достаточно хаотичным и непредсказуемым, поскольку в данном случае точка  $\alpha_0 = 1$  не является аттрактором. Это центр диска Зигеля  $U_{1/2}(1)$ . Таким образом, хотя  $B_0$  всегда имеет метку 1, метки других специальностей  $B_1, \dots, B_{n-1}$  могут меняться хаотично. В нашей интерпретации данная ситуация означает, что несмотря на возможность поступить на специальность  $B_0$ , он не может решиться на это (по некоторым причинам, например, из-за несогласия родителей). В этой ситуации подсознание непрерывно изучает другие возможности, но эти поиски не имеют видимого успеха, так как метки  $\alpha_1, \dots, \alpha_{n-1}$  могут изменяться хаотично. Для выхода из сложившейся ситуации возможны два варианта: изменение начального  $I$ -состояния  $x_0$  и изменение параметра  $s$ .

Таким образом, динамическая модель, основанная на  $p$ -адическом пространстве, может обладать богатой структурой уже для мономиальных функций  $f_s(x) = x^s, s = 2, 3 \dots$  на  $\mathbb{Z}_p$ . Здесь существуют аттракторы, диски Зигеля, циклы. Простое число  $p$  (основание системы кодирования) играет роль параметра динамической системы. Поведение итераций зависит от этого параметра. При этом необходимо подчеркнуть, что поведение «2-адической мыслящей системы» может сильно отличаться от поведения «5-адической мыслящей системы», несмотря на использование одной и той же динамической функции (например,  $x \rightarrow x^2$ ).

**7. Учет эффектов группового поведения.** Моделирование эффектов группового поведения, повсеместно наблюдаемых в повседневной жизни, требует от нас введения особого потенциального поля, способного взаимодействовать с информационными состояниями отдельных индивидов (см. рисунок 1). В механике Ньютона сила  $f(q), q \in X_{\text{мат}}$  называется потенциальной, если существует функция  $V(q)$  такая, что  $f(q) = -dV(q)/dq$ , при этом функция  $V(q)$  называется потенциалом. Работа потенциальной силы не зависит от траектории перемещения объекта. Мы используем точно такую же терминологию в ментальной механике. Здесь функции силы  $I$  и потенциала  $V$  определяются на пространстве  $I$ -состояний  $X_I$ . Потенциал  $V(q), q \in X_I$ , является  $I$ -потенциалом,  $I$ -полем, которое взаимодействует с мыслящей системой  $\tau$ . Такие поля являются классическими когнитивными полями. Необходимо подчеркнуть, что ментальное время  $t$  не обязательно совпадает с физическим временем  $t_{\text{физ}}$ . Оно соответствует внутренней шкале  $I$ -процесса. Наш сознательный опыт показывает, что периоды ментальной эволюции, которые являются достаточно длительными по  $t_{\text{физ}}$  шкале, могут быть очень короткими по шкале  $t$  и наоборот.

Важнейшими атрибутами группового поведения являются прямое давление на инакомыслящих, самоцензура (подавление в самом себе сомнений в правильности выбранного группой решения) и иллюзия единодушия, которая создается в результате действия самоцензуры в каждом из членов группы. Таково, например, поведение членов закрытой религиозной общины или тоталитарной секты. В нашей модели это может быть проиллюстрировано следующим образом. Пусть  $\tau_1, \dots, \tau_N$  — семейство мыслящих систем с ментальными пространствами  $X_{I,1}, \dots, X_{I,N}$ . Введем ментальное пространство  $X_I$  этого семейства мыслящих систем, полагая  $X_I = X_{I,1} \times \dots \times X_{I,N}$ . Элементами этого пространства являются векторы  $I$ -состояний  $q = (q_1, \dots, q_N)$  индивидуальных мыслящих систем  $\tau_j$ . Предположим, что существует  $I$ -потенциал  $V(q_1, \dots, q_N)$ , который порождает информационные силы  $f_j(q_1, \dots, q_N)$ . Потенциал  $V$  порождается как  $I$ -взаимодействиями мыслящих систем  $\tau_1, \dots, \tau_N$ , так и

внешними  $l$  – полями. Эволюция мотивации  $p_j(t)$  и информационного состояния  $q_j(t)$   $j$ -й мыслящей системы  $\tau_j$  описывается уравнениями:

$$\begin{aligned} \dot{p}_j(t) &= f_j(t, q_1, \dots, q_N), & p_j(0) &= p_{0j}, \\ \dot{q}_j(t) &= p_t(t), & q(0) &= q_{0j}, \quad t, q, p \in X_I. \end{aligned}$$

Пусть, например,  $X_{I,1} = X_{I,2} = \mathbb{Z}_p$ . Тогда  $X_I = \mathbb{Z}_p \times \mathbb{Z}_p = \mathbb{Z}_p^2$ . Пусть потенциал ментального поля имеет вид:

$$V(q_1, q_2) = \lambda(q_1 - q_2)^2,$$

где  $\lambda$  – некоторая  $l$  – постоянная, заданная  $p$  – адическим числом. Тогда движение систем  $\tau_1$  и  $\tau_2$  в ментальном пространстве не является независимым. Индивидуальные состояния мыслящих систем в этом случае синхронизируются, подчиняясь действию информационной силы, «притягивающей» их в точку с наименьшей разностью потенциалов. Силу этой зависимости определяет постоянная  $\lambda$ . По мнению автора, такой вид потенциального поля возникает, например, при исполнении приверженцами суфистского течения в исламе совместной молитвы — так называемого «громкого зикра», итогом которого является одновременный переход десятков членов общины в измененное состояние сознания.

Мы также можем формально описать групповое поведение с обратной зависимостью, если, например:

$$V(q_1, q_2) = L - \lambda(q_1 - q_2)^2,$$

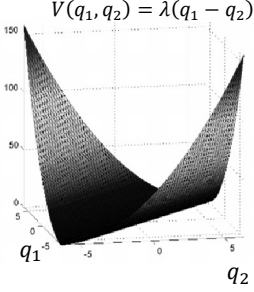

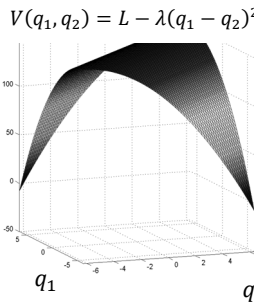

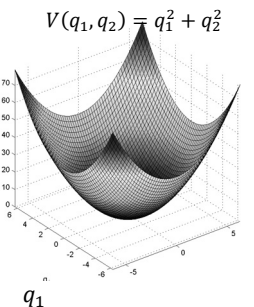
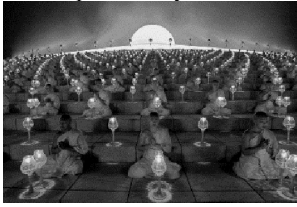
где  $L$  — начальный уровень антагонизма. Такой модели потенциального поля соответствует поведение групп болельщиков на футбольном матче, когда эмоциональный подъем сторонников одной команды неизбежно вызывает примерно равную по силе негативную эмоциональную реакцию группы болельщиков команды-соперника. В этом случае групповые сознания находятся во взаимодействии с отрицательной связью.

Если

$$V(q_1, q_2) = q_1^2 + q_2^2,$$

то движения систем  $\tau_1$  и  $\tau_2$  являются независимыми. Такое потенциальное поле может возникать при совместной медитации группы буддистов. В этом случае ментальные состояния мыслящих систем стремятся перейти в состояние с наименьшим потенциалом, но при этом не синхронизируются друг с другом. Проиллюстрируем приведенные примеры (см. таблицу 2).

Таблица 2. Возможный вид потенциала поля группового поведения

<p>а) зависимое поведение мыслящих систем</p>	$V(q_1, q_2) = \lambda(q_1 - q_2)^2$ 	<p>Групповая молитва «громкий зикр»</p> 
<p>б) поведение с обратной зависимостью</p>	$V(q_1, q_2) = L - \lambda(q_1 - q_2)^2$ 	<p>Эмоциональное состояние болельщиков соперничающих футбольных команд</p> 
<p>в) независимое поведение мыслящих систем</p>	$V(q_1, q_2) = q_1^2 + q_2^2$ 	<p>Групповая медитация в практике буддизма</p> 

**8. Заключение.** Таким образом, математическое моделирование поведенческих реакций в  $p$ -адической системе координат может быть использовано в качестве базиса для разработки алгоритмического и программного обеспечения системы мониторинга и прогнозирования эффекта непосредственного, накопленного и отложенного деструктивного информационно-психологического воздействия на персонал объектов критически важной инфраструктуры, а также население страны в целом.

## Литература

1. Доктрина информационной безопасности Российской Федерации // № Пр-1895. 2000.
2. Пенроуз Р. Новый ум короля: О компьютерах, мышлении и законах физики // М.: Эдиториал УРСС. 2003. 999 с.
3. Пенроуз Р. Тени разума. В поисках науки о сознании. Часть II: Новая физика, необходимая для понимания разума // Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований. 2005. 352 с.
4. Александров А.А. Интегративная психология // СПб.: Питер. 2009. 352 с.
5. Гнидко К.О., Ломако А.Г., Жолус Р.Б. Обнаружение визуальных контаминантов на основе вычисления перцептивного хэша // Труды СПИИРАН. 2015. Вып. 39. С. 193–211.
6. Борович З.И., Шафаревич И.Р. Теория чисел // М.: Наука. 1985. 504 с.
7. Михайлов А.П., Петров А.П. Поведенческие гипотезы и математическое моделирование в гуманитарных науках // Математическое моделирование. 2011. Вып. 23. № 6. С. 18–23.
8. Алексеев А.О., Алексеева И.Е. Математическое моделирование предпочтений экономических субъектов (агентов) // Управление экономическими системами. 2015. № 4. С. 76.
9. Sent A.D., Roisenberg M., Freitas Filho P.J. Simulation of Crowd Behavior Using Fuzzy Social Force Model // Proceedings of the 2015 Winter Simulation Conference WSC '15. USA: IEEE Press. 2015. pp. 3901–3912.
10. Zhao Y. et al. Crowd macro state detection using entropy model // Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. 2015. vol. 431. pp. 84–93.
11. Хренников А.Ю. Моделирование процессов мышления в р-адических системах координат // М.: ФИЗМАТЛИТ. 2004. 296 с.

## References

1. *Doktrina informacionnoj bezopasnosti Rossijskoj Federacii* [Information Security Doctrine of Russian Federation] no. Pr-1895. 2000. (In Russ.).
2. Penrouz R. *Novyj um korolja. O komp'juterah, myshlenii i zakonah fiziki* [The Emperor's New Mind: Concerning Computers, Minds and The Laws of Physics] M.: Jeditorial URSS. 2003. 999 p. (In Russ.).
3. Penrouz R. *Teni razuma: V poiskah nauki o soznanii. Chast' II: Novaja fizika, neobhodimaja dlja ponimaniya razuma* [Shadows of the Mind: A Search for the Missing Science of Consciousness] Moskva-Izhevsk: Institut komp'juternyh issledovaniy. 2005. 352 p. (In Russ.).
4. Aleksandrov A.A. *Integrativnaja psihologija* [Integrative Psychology] Spb.: Piter. 2009. 352 p. (In Russ.).
5. Gnidko K.O., Lomako A.G., Zholus R.B. [Detection of visual contaminants on the basis of perceptual hash calculation]. *Trudy SPIIRAN – SPIIRAS Proceeding*. 2015. no. 39. pp. 193–211. (In Russ.).
6. Borevich Z.I., Shafarevich I.R. *Teorija chisel* [Numbers Theory] M.: Nauka. 1985. 504 p. (In Russ.).
7. Mihajlov A.P., Petrov A.P. [Behaviral hypotheses and mathematical modelling in humanitarian sciences]. *Matematischeskoe modelirovanie – Mathematical Model*. 2011. vol. 23. no. 6. pp. 18–23. (In Russ.).
8. Alekseev A.O., Alekseeva I.E. [Mathematical modelling of preferences of economical subjects (agents)]. *Upravlenie jekonomichesкими sistemami – Management of Economic Systems*. 2015. vol. 4. p.76.



9. Sent A.D., Roisenberg M., Freitas Filho P.J. Simulation of Crowd Behavior Using Fuzzy Social Force Model. Proceedings of the 2015 Winter Simulation Conference WSC '15. USA: IEEE Press. 2015. pp. 3901–3912.
10. Zhao Y. et al. Crowd marco state detection using entropy model. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. 2015. vol. 431. pp 84–93.
11. Hrennikov A.Ju. *Modelirovanie processov myshlenija v p-adicheskikh sistemah koordinat* [Modeling of processes of thinking in p-adic coordinates]. M.: FIZMATLIT. 2004. 296 p. (In Russ.).

**Гнидко Константин Олегович** — к-т техн. наук, докторант, Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского. Область научных интересов: информационно-психологическая безопасность, распознавание образов, извлечение знаний из неструктурированных массивов данных. Число научных публикаций — 27. [greeny598@gmail.com](mailto:greeny598@gmail.com); ул. Ждановская, 13, 197198, Санкт-Петербург; р.т.: +7(812) 237-19-60.

**Gnidko Konstantin Olegovich** — Ph.D., doctoral student, Mozhaisky Military Space Academy. Research interests: information-psychological security, image recognition, data mining. The number of publications — 27. [greeny598@gmail.com](mailto:greeny598@gmail.com); 13, Zhdanovskaya street, St.-Petersburg, 197198, Russia; office phone: +7(812) 237-19-60.

## РЕФЕРАТ

### *Гнидко К.О.* **Моделирование индивидуального и группового поведения в $p$ -адических системах координат для решения задач информационной безопасности.**

Разработка системы мониторинга и прогнозирования эффекта непосредственного, накопленного и отложенного деструктивного информационно-психологического воздействия на персонал критически важных объектов инфраструктуры государства и населения страны в целом является актуальной задачей обеспечения информационной безопасности Российской Федерации. Ключевым элементом разрабатываемой системы должна стать формальная математическая модель, способная отражать наиболее существенные аспекты индивидуального и группового поведения и прогнозировать динамику их развития.

Особая (неархимедова) структура и свойства (иерархичность, дискретность, несвязность) ментального пространства вынуждают использовать для разработки модели систему координат, отличную от вещественной. В силу теоремы Островского, единственной альтернативой является ультраметрическая  $p$ -адическая система координат. Формальное описание динамических законов взаимодействия информационных состояний, по аналогии с ньютоновской механикой, позволяет предсказать (контролировать) изменение ментальных состояний и поведение мыслящей системы. Эффекты группового поведения в разработанной модели учтены путем введения потенциального поля, вид которого определяет индивидуальные поведенческие реакции.

## SUMMARY

### *Gnidko K.O.* **Modeling of Individual and Group Behavior in $P$ -adic Coordinate Systems in Order to Solve Information Security Problems.**

Development of a system for monitoring and predicting the effect of direct, accumulated and deferred destructive information-psychological impact on the personnel of critical infrastructure of the state and the population as a whole is an important task of ensuring the information security of the Russian Federation. A key element of the system under development should be a formal mathematical model that can reflect the most important aspects of individual and group behavior as well as predict dynamics of their development.

Special (non-Archimedean) structure and properties (hierarchy, discreteness, incoherence) of mental space make it necessary to develop a model based on the coordinate system other than the real. As per the Ostrovsky Theorem, the only alternative is the ultrametric  $P$ -adic coordinate system. A formal description of the dynamic interaction of mental informational states, similar to the Newtonian mechanics, allows predicting (controlling) changes in mental states and behavior of thinking systems. Effects of group consciousness in the model developed are accounted for by the introduction of a potential field, which determines the type of individual behavioral reactions.