

РУСТАМОВ Е.Н.¹, АМИРТАЕВ К.Б.²

¹Ташкентский государственный университет транспорта, г.Ташкент, Узбекистан

E-mail: rustamoverbol24@gmail.com

²М Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави, Туркестан, Казахстан

E-mail: kanat.amirtayayev@ayu.edu.kz*

ФРАКТАЛЬНО КИБЕРНЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗНАНИЙ

Аннотация. В работе предлагается новая архитектура фрактально-кибернетической модели знаний (ФКМЗ), предназначенная для формализации процессов преобразования сведений в данные, информацию и знания в интеллектуальных системах. Актуальность исследования обусловлена необходимостью разработки новых подходов к организации искусственного интеллекта, способных эффективно функционировать в условиях постоянного роста объемов разнородных данных и информационной неопределенности. В отличие от современных нейросетевых технологий, ориентированных преимущественно на увеличение вычислительных ресурсов и обработку больших массивов неструктурированной информации, предложенный подход основан на семантическом представлении знаний и механизмах интеллектуального управления информационными потоками.

В статье рассмотрена семантическая взаимосвязь понятий «сведения», «данные», «информация» и «знание», а также предложена формальная схема их преобразования в рамках единой фрактальной структуры. Разработанная модель включает механизмы обратной связи, обеспечивающие самоорганизацию, адаптацию и интеллектуальную фильтрацию поступающих сведений. Особое внимание уделено роли ассоциативных сущностей, выполняющих функции контекстной обработки и отбора релевантной информации. Представлено математическое описание функционирования модели и рассмотрен пример ее практического применения.

Научная новизна работы заключается в разработке фрактального принципа организации знаний, обеспечивающего рекурсивное управление процессами формирования и интерпретации информации. Практическая значимость исследования состоит в возможности использования предложенной модели при создании интеллектуальных систем, экспертных комплексов, систем поддержки принятия решений, робототехнических платформ и перспективных архитектур искусственного интеллекта.

Ключевые слова: фрактал знаний, база знаний, сведения, данные, информация, знание, кибернетическая модель.

РУСТАМОВ Е.Н.¹, АМИРТАЕВ К.Б.²

¹Ташкент мемлекеттік көлік университети, Ташкент қ., Өзбекстан

E-mail: rustamoverbol24@gmail.com

²Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университети, Түркістан қ., Қазақстан

E-mail: kanat.amirtayayev@ayu.edu.kz*

БІЛІМНІҢ ФРАКТАЛДЫҚ КИБЕРНЕТИКАЛЫҚ МОДЕЛІ

Аңдатпа. Жұмыста интеллектуалды жүйелердегі мәліметтерді деректерге, ақпаратқа және білімге түрлендіру процесстерін ресімдеуге арналған білімнің фракталдық-кибернетикалық моделінің (БФКМ) жаңа архитектурасы ұсынылады. Зерттеудің өзектілігі гетерогенді деректер мен ақпараттық белгісіздік көлемінің үнемі өсуі жағдайында тиімді жұмыс істей алатын жасанды интеллектті ұйымдастырудың жаңа тәсілдерін әзірлеу қажеттілігімен байланысты. Негізінен есептеу ресурстарын ұлғайтуға және құрылымдалмаған ақпараттың үлкен массивтерін өңдеуге бағытталған заманауи нейрондық желілік технологиялардан айырмашылығы, ұсынылған тәсіл білімді семантикалық ұсынуға және ақпараттық ағындарды интеллектуалды басқару механизмдеріне негізделген.

Мақалада "мәліметтер", "деректер", "ақпарат" және "білім" ұғымдарының семантикалық байланысы қарастырылады, сондай-ақ оларды бірыңғай фракталдық құрылым шеңберінде түрлендірудің формальды схемасы ұсынылады. Әзірленген модель өзін-өзі ұйымдастыруды, бейімделуді және келіп түскен ақпаратты интеллектуалды сүзуді қамтамасыз ететін кері байланыс механизмдерін қамтиды. Контекстік өңдеу және тиісті ақпаратты таңдау функцияларын орындайтын ассоциативті субъектілердің рөліне ерекше назар аударылады. Модельдің жұмысының математикалық сипаттамасы ұсынылған және оның практикалық қолданылуының мысалы қарастырылған.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы ақпаратты қалыптастыру және түсіндіру процесстерін рекурсивті басқаруды қамтамасыз ететін білімді ұйымдастырудың фракталдық принципін әзірлеу болып табылады. Зерттеудің практикалық маңыздылығы интеллектуалды жүйелерді, сараптамалық кешендерді, шешімдерді қолдау жүйелерін, робототехникалық платформаларды және жасанды интеллекттің перспективалық архитектураларын құруда ұсынылған модельді пайдалану мүмкіндігінен тұрады.

Түйін сөздер: білім фракталы, білім базасы, ақпарат, деректер, ақпарат, білім, кибернетикалық модель.

RUSTAMOV E.N.¹, AMIRTAYEV K.B.²

¹Tashkent State Transport University, Tashkent, Uzbekistan

E-mail: rustamoverbol24@gmail.com

²Khoja Ahmed Yasawi International Kazakh-Turkish University, Turkestan, Kazakhstan

E-mail: kanat.amirtayev@ayu.edu.kz*

FRACTAL CYBERNETIC KNOWLEDGE MODEL

Abstract. The paper proposes a new architecture of the fractal cybernetic knowledge model (FCKM), designed to formalize the processes of converting information into data, information and knowledge in intelligent systems. The relevance of the research is due to the need to develop new approaches to the organization of artificial intelligence that can function effectively in conditions of constant growth in the volume of heterogeneous data and information uncertainty. Unlike modern neural network technologies, which are mainly focused on increasing computing resources and processing large amounts of unstructured information, the proposed approach is based on the semantic representation of knowledge and mechanisms for intelligent management of information flows.

The article examines the semantic relationship between the concepts of "information", "data", "information" and "knowledge", and also suggests a formal scheme for their transformation within a single fractal structure. The developed model includes feedback mechanisms that ensure self-organization, adaptation, and intelligent filtering of incoming information. Special attention is paid to the role of associative entities that perform the functions of contextual processing and selection of relevant information. A mathematical description of the model's functioning is presented and an example of its practical application is considered.

The scientific novelty of the work lies in the development of a fractal principle of knowledge organization that provides recursive management of the processes of information formation and interpretation. The practical significance of the research lies in the possibility of using the proposed model in the creation of intelligent systems, expert complexes, decision support systems, robotic platforms and promising artificial intelligence architectures.

Keywords: *fractal knowledge, knowledge base, data points, data, information, knowledge, cybernetic model.*

ВВЕДЕНИЕ

В эпоху избыточности информационных потоков ключевым вопросом становится не доступ к ресурсам, а архитектура их преобразования. Традиционные модели (сведения – данные – информация – знание) часто описывают процесс накопления, но упускают из виду динамическую природу истинного понимания.

В современном информационном пространстве вопрос «как превратить хаотичный поток данных в эффективное знание?» становится ключевым для развития когнитивных технологий и систем управления информацией. Классические подходы, восходящие к иерархии DIKW (Data, Information, Knowledge, Wisdom), предложенной Р.Акоффом (1989), часто рассматривают этот процесс как линейную последовательность (Ackoff, 1989). Однако стремительный рост объемов данных требует перехода к более глубокому пониманию информационной сущности трансформации – процесса, который мы определяем как интеллектуализацию.

В работе, опубликованной в 1974 году (Zhuravlev et al., 1974), впервые было введено понятие «допустимая таблица Tmp», где по строкам располагаются объекты s_j , а по столбцам – признаки, характеризующие их свойства. На пересечении фиксируются значения признаков. Строки при этом разбиваются на классы K_i . По сути, данная таблица является эвристической моделью предметной области и в современной терминологии соответствует обучающей выборке интеллектуальной системы.

Если в ячейки таблицы поместить знания, то такая структура может стать основой искусственного интеллекта. Для этого необходимо алгоритмически описать процесс порождения знаний.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработать интеллектуальную фрактально-кибернетическую модель знаний на основе семантического представления процесса порождения фрактала знаний.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Эффективность интеллектуальных технологий определяется степенью соответствия базы знаний предметной области и корректностью обработки знаний. Оперативность и обоснованность решений зависят от организации процессов интерпретации, структурирования и преобразования знаний. В этих условиях ключевую роль играют алгоритмы порождения фрактала знаний, обеспечивающие формирование семантических связей, оценку значимости признаков и выделение релевантной информации в заданном контексте.

В работе предлагается семантическое представление фрактала знаний. Знание формируется по цепочке: сведения → данные → информация → фрактал знаний. Формализация данной цепочки приведена в работах (Rustamov, 1999; Mukhamedieva et al., 2025; Chichkin, 1990; Rustamov et al., 2024). Практическая реализация семантического представления знаний рассмотрена в (Muhamediyeva & Rustamov, 2022; Rustamov & Rustamov, 2022).

Стержневая сущность	-		C_1
Характеризующая сущность	-		C_2
Обозначающая сущность	-		C_3
Ассоциативная сущность	-		A_1
Атрибуты	-		a_i

Рисунок 1. Алфавит для семантического представления фрактала знаний.

На основе этой семантики (Рисунок 1) будем представлять семантику фрактала знаний следующим образом.

Фрактал знания представляет собой структуру, в которой информация и знания организованы иерархически, причем каждый уровень повторяет общие свойства целого, обеспечивая масштабируемость и гибкость системы. Это позволяет системе адаптироваться к изменяющимся условиям и эффективно управлять сложной информацией.

Семантический все это выглядеть как (Рисунок 2):

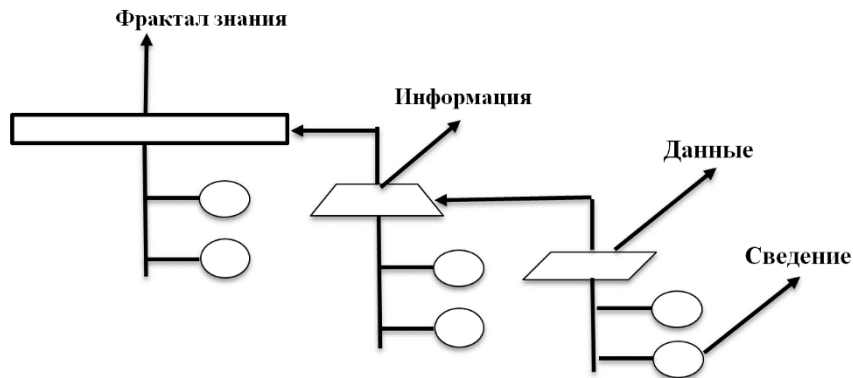


Рисунок 2. Семантика фрактала знания.

Семантика сведения включает четыре ключевых элемента:

- опорное множество объектов X ,
- семантический указатель x , указывающий на один из элементов X (то есть $x \in X$),
- подмножество δ объектов X , $\delta \subset X$,
- а также контекст p , который задаёт уровень достоверности выполнения основного условия.

На основе этого любое сведение об объекте можно оформить в виде тройки (триады) $(p)\delta(x)$.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Определение 1

$p_1\delta_1(x), p_2\delta_2(x), p_3\delta_3(x)$ называются данными об объекте и обозначаются следующим образом:

$$\{(p_1)\delta_1(x); (p_2)\delta_2(x); \dots\}. \quad (1)$$

Понятие «данные об объекте» играет важную роль при проектировании базы знаний (БЗ). В ряде случаев будем использовать сокращённую форму записи:

$$\{(p_1)\delta_1; (p_2)\delta_2; \dots\}(x). \quad (2)$$

Если $p_1 = p_2 = \dots$, то

$$(p) \{ \delta_1; \delta_2; \dots \} (x) = (p) \Delta(x), \quad (3)$$

Здесь

$$\Delta = \{ \delta_1; \delta_2; \dots \} = \left\{ \begin{array}{c} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \vdots \end{array} \right\}. \quad (4)$$

Формула (3) описывает процедуру интерпретации сведений в заданном контексте p .

Определение 2

Понятие «информация об объекте» $x \in X$ можно рассматривать как совокупность сведений $\delta(x)$ об объекте, включающую не только сами исходные сведения, но и все их логически вытекающие следствия. Иными словами, если сведение $\delta(x)$ относится к этому множеству, то любое сведение $\delta(x)$, которое логически выводится из него $\delta < \delta' < X$, также должно входить в $\delta_3(x)$, $\delta_3 = \delta_1 \cap \delta_2$ также принадлежит семейству. Только при выполнении этого условия $\Delta(x)$ данные могут рассматриваться как полноценная «информация об объекте». На практике один из удобных методов интерпретации такого множества сведений – использование табличной формы представления.

Данные могут превращаться в информацию различными методами. Рассмотрим основные из них (Chichkin, 1990, с. 168): контекстуализация: известно, с какой целью были собраны данные; категоризация: определены единицы анализа или ключевые элементы данных; вычислимость: данные поддаются математической или статистической обработке; корректировка: внесены исправления для устранения ошибок в данных; сжатие: данные можно обобщить и представить в более компактной форме.

Непустое множество элементарной информации $I^x(x_0)$ о точке x_0 принимается за элементарное знание о точке x_0 внутри заданной информационной единицы (ue_j) и обозначается как $\Phi^{ue_j} I^x(x_0)$, если выполняются нижеследующие условия:

Из множества элементарной информации $I^x(x_0)$ следует, что оно представляет собой непустое подмножество, то есть $I^x(x_0) \neq \emptyset$; при этом $\Phi^{ue}(I^x(x_0))$ может рассматриваться как знание глобального характера.

Из $I^x(x_0) \in \Phi^{ue}(I^x(x_0))$ вытекает, что любое более общее сведение или информация $I^x(x_0)$, включающее сведения из $I^x(x_0) \supset I^x(x_0)$, также принадлежит $\Phi^{ue}(I^x(x_0))$, то есть для любого надмножества $I^x(x_0) \supset I^x(x_0)$ выполняется $I^x(x_0) \in \Phi^{ue}(I^x(x_0))$.

Наконец, из $I_1^x(x_0), I_2^x(x_0) \in I^x(x_0) \in \Phi^{ue}(I^x(x_0))$ следует, что комбинация сведений $I_1^x(x_0), I_2^x(x_0) \in I^x(x_0) \in \Phi^{ue}(I^x(x_0))$ посредством логической операции «и» (конъюнкции) остаётся внутри множества $ue_j \supset p$. В этом случае множество $I_1^x(x_0) \wedge I_2^x(x_0) = \Delta^{ue}(x_0)$ можно рассматривать как носитель знания $\Phi^{ue}(I^x(x_0))$.

Процесс установления свойств элементарной информации, то есть носителя знания $\Delta^{ue}(x_0)$ внутри заданной информационной единицы ue_j , называют процедурой интерпретации в данной единице и обозначают как ue_j . По сути, ue_j определяет контекст, в котором происходит интерпретация элементарной информации $I^x(x_0)$.

Чтобы семантика фрактала знания была интеллектуальной, фрактал знания должен управлять сведениями, на семантике (рис.3) должны организовать обратную связь. В



Фрактал знания → сведения (целеполагание) – это означает, когда у нас есть знание, мы перестаем смотреть на всё подряд. Мы ищем конкретные сведения. Например, врач (обладая знанием) не просто смотрит на пациента, а ищет конкретные симптомы. Знание «настраивает» овал нижнего уровня на нужную частоту.

Уровень 2 (Обозначающие сущности - C_3): Группировка атрибутов в первичные логические блоки. Мы превращаем шум в структуру данных.

Уровень 3 (Характеризующие сущности - C_2): Наполнение структуры контекстом. Здесь данные превращаются в информацию, обретая качественные характеристики.

Уровень 4 (Стержневая сущность - C_1): Формирование знания. Это независимый узел системы, который обладает свойством фрактальности – способностью упорядочивать бесконечное количество подчиненных сущностей и атрибутов по единому алгоритму.

Уровень 5 (ассоциативная сущность - A_1): Выполняет роль интеллектуального фильтра, который отбирает важные сведения из входного потока $\{(p_1)\delta_1(x); (p_2)\delta_2(x); \dots\}$, убирает шум и нерелевантные данные, связывает сведения с предыдущими данными и знаниями, пропускает только значимую сведения для дальнейшей трансформации в данные на основе формулы (Rustamov, 1999).

Здесь фрактальным принципом понимается, что стержневая сущность является шаблоном самоподобия. Она способна рекурсивно управлять процессом сбора атрибутов и формирования характеристик, обеспечивая «умную» обратную связь. Знание здесь выступает как активный фильтр, который перенастраивает восприятие системы в зависимости от накопленного опыта.

По своей сути предложенная семантика фрактала знаний является визуализацией онтологического инжиниринга. Это то, на чем строятся современные системы ИИ и сложные экспертные системы.



Рисунок 4. Фрактально кибернетическая модель знания (ФКМЗ).

В этой схеме (Рисунок 4) каждый уровень – это «матрешка», где верхний слой управляет нижним, и наоборот. Здесь обратная связь, представленная в схеме, играет ключевую роль в адаптации и обучении системы. Управление и целеполагание обеспечивают направленность алгоритма и корректировку действий на основе анализа получаемой информации и данных. Первоначально сведения собираются и фильтруются, преобразуются в структурированные данные. На базе данных создаётся информация, которая затем трансформируется в фрактал знания. Обратная связь позволяет корректировать сбор сведений и обработку данных для оптимизации работы системы. Таким образом между сведениями и данными происходит первичная фильтрация и структурирование. Данные передаются на уровень формирования информации, где происходит контекстуализация и смысловая обработка. Информация агрегируется и расширяется в фрактале знания, который

управляет процессом обработки и принятия решений. Обратная связь с уровнем сведений позволяет корректировать сбор и качество исходных данных, что повышает адаптивность и точность работы алгоритма.

Математическое описание работы ФКМЗ:

1. Обозначения: $S(t) = p(\{\delta(x)\}_i)$ в момент времени t , где каждый $\delta(x)_i$ – отдельный факт или необработанный элемент данных;

2. $D(t)$ – множество данных $(p) \{\delta_1; \delta_2; \dots\}(x) = (p)\Delta(x)$, после первичной обработки структурирования $\delta(x)$:

$$D(t) = f_{струк}(S(t)), \quad (5)$$

где $f_{струк}$ – оператор фильтрации, структурирования и очистки;

3. $\mathcal{L}(t)$ – множество информации $I^x(x_0)_j$, получаемой из $D(t)$ с помощью семантической обработки:

$$\mathcal{L}(t) = f_{интер}(D(t)); \quad (6)$$

4. $K(t)$ – фрактал знания $\Phi^{ue}(I^x(x_0))$, иерархическая структура знаний формируемая на основе $\mathcal{L}(t)$:

$$K(t) = f_{агрегация}(\Phi^{ue}(I^x(x_0))), \quad (7)$$

где $f_{агрегация}$ – оператор интеграции новой информации с уже существующими знаниями обеспечивающая самообучения и расширения фрактала знаний;

5. $u(t)$ – управляющий сигнал, формируемый на основе фрактала знания для управления процессом сбора сведений и обработки данных (механизм обратной связи):

$$u(t) = f_{управление}(K(t)). \quad (8)$$

Таким образом общий цикл работы ФКМЗ можно описать системой уравнений

$$\begin{cases} D(t) = f_{струк}(S(t)), u(t-1) \\ \mathcal{L}(t) = f_{интер}(D(t)) \\ K(t) = f_{агрегация}(\Phi^{ue}(I^x(x_0))), K(t-1) \\ u(t) = f_{управление}(K(t)), \end{cases} \quad (9)$$

где управляющий сигнал $u(t)$ влияет на сбор сведений и их обработку, обеспечивая адаптивность и целенаправленность алгоритма.

Вычислительная реализация ФКМЗ предполагает модульную архитектуру, включающую подсистемы сбора сведений, формирования данных, семантической интерпретации информации, построения фрактала знаний и контур обратной связи. В текущей реализации разработан прототип программного комплекса на языке Python, реализующий основные операторы структурирования, агрегации и управления знаниями. Архитектура модели допускает интеграцию с базами данных и интеллектуальными агентами.

Пример

Представьте, что у вас есть система ФКМЗ, которая помогает принимать решение – когда поливать комнатные растения.

1.Сведения (овалы на схеме): данные с датчиков влажности почвы; температура в комнате; время суток; эти сведения – сырые, необработанные факты.

2. Данные: система фильтрует и структурирует сведения: преобразует показания датчиков в числа; убирает «шумы» (например, если датчик дал странное значение); сортирует данные по времени.

3. Информация: на основе данных система вычисляет: насколько почва сухая (низкая влажность); насколько высокая температура; время подходящее для полива (например, утро или вечер лучше).

4. Фрактал знания: система хранит и обновляет правила и знания, например: «если влажность ниже 30% и время – утро, то полить.»; «если температура выше 25°C, увеличить полив.»; «если полив был недавно – подождать». Эти знания связаны между собой и обновляются с каждым новым опытом.

5. Обратная связь (управление): система оценивает результат (растение выглядело ли лучше после полива) и корректирует: когда собирать данные (может чаще вечером); как интерпретировать влажность (учитывать тип растения); как изменять правила полива.

Таким образом, ФКМЗ постоянно получает новые сведения, превращает их в данные, затем в информацию; на основе информации обновляется её фрактал знания – база правил и опыта; система принимает решения и через обратную связь улучшает свой алгоритм.

Так, шаг за шагом, ФКМЗ учится правильно ухаживать за растениями, адаптируясь к изменяющимся условиям и повышая точность решений.

Аналогия: это как если бы вы собрали все записи с разных блокнотов и аккуратно разложили их по папкам и колонкам – теперь с ними проще работать.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В табл.1 представлено сравнительное исследование предложенной фрактально-кибернетической модели знаний (ФКМЗ) с рядом современных систем искусственного интеллекта, включая ChatGPT, AlphaGo, IBM Watson, а также классические методы машинного обучения (SVM, Random Forest).

Таблица 1. Сравнение предложенной модели существующими ИИ.

Критерий	ФКМЗ	ChatGPT (OpenAI, NLP-модель)	AlphaGo (DeepMind, игровой ИИ)	IBM Watson (экспертная система)	Классические ML-модели (SVM, Random Forest)
Фильтрация данных	Ассоциативные сущности с глобальными и локальными свойствами	Ограничена обучающим корпусом, нет контекстной фильтрации	Входные состояния игры фильтруются стратегически	Обрабатывает структурированные данные, мало интеллектуальной фильтрации	Статистическая фильтрация через предобработку
Трансформация сведений → данные → информация → знание	Полная формализованная трансформация с доказанной корректностью	NLP-токены → векторные представления, знания частично не формализованы	Состояния игры → стратегия → оценка выигрыша	Данные → статистическая оценка → экспертные решения	Данные → признаки → классификация / регрессия
Фрактальная структура знаний	Да, сохраняет иерархию и самоподобие	Нет	Нет	Частично (онто-структуры), но не фрактальная	Нет
Адаптивность и обратная связь	Управление и корректировка через фрактал знаний	Обучение на новых данных требует дообучения	Адаптивность через MCTS и RL	Ограниченная адаптивность через правила	Адаптация через обновление модели
Применимость к разнородным данным	Сенсорные потоки, текст, изображения, данные реального времени	Преимущественно текст	Игровые состояния	Структурированные данные, тексты	Чаще структурированные данные, ограниченная универсальность
Сложность	Высокая:	Средняя	Высокая,	Средняя/высокая	Средняя/низкая

реализации	настройка фильтров и фрактала знаний		специализированная		
------------	--------------------------------------	--	--------------------	--	--

Как следует из таблицы 2, ФКМЗ демонстрирует наиболее высокие показатели по критериям интерпретируемости, семантической прозрачности, масштабируемости знаний и поддержке механизмов обратной связи. Это обусловлено использованием фрактальной организации знаний и ассоциативных сущностей, обеспечивающих рекурсивное управление процессами формирования знаний.

Проведённый анализ позволяет выделить ряд принципиальных отличий ФКМЗ от существующих подходов.

Таблица 2. Экспертная количественная оценка архитектурных характеристик моделей ИИ

Критерий	ФКМЗ	ChatGPT	IBM Watson	AlphaGo
Интерпретируемость решений	5	2	4	2
Семантическая прозрачность	5	2	4	1
Адаптивность	4	4	3	5
Универсальность применения	5	4	3	1
Работа с разнородными данными	5	3	4	1
Поддержка обратной связи	5	3	3	5
Масштабируемость знаний	5	4	3	2

С точки зрения трансформации данных, ФКМЗ обеспечивает полную формализацию цепочки «сведения → данные → информация → знание». В существующих системах данный процесс либо частично формализован (как в нейросетевых моделях, где знания представлены в виде распределённых векторов), либо носит прикладной характер (как в экспертных системах). ФКМЗ, напротив, задаёт строгую семантическую и математическую основу переходов между уровнями (Рисунок 5).

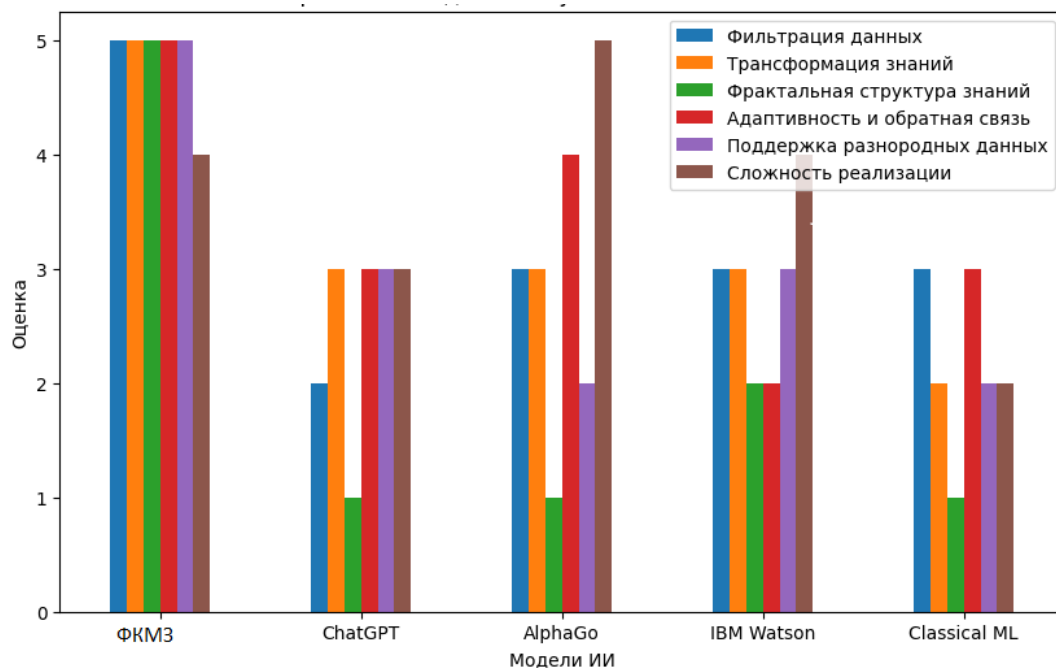


Рисунок 5. Сравнение моделей искусственного интеллекта.

Особое значение имеет наличие фрактальной структуры знаний. В отличие от рассматриваемых моделей, ФКМЗ реализует принцип самоподобия и иерархической рекурсии, что обеспечивает масштабируемость и устойчивость структуры знаний при росте объемов информации. Ни одна из сравниваемых систем не использует данный принцип в явном виде.

Важным преимуществом является механизм обратной связи. Если в традиционных моделях адаптация достигается через дообучение или обновление параметров, то в ФКМЗ реализовано динамическое управление процессами обработки информации на основе уже сформированного знания. Это позволяет системе не просто обучаться, а целенаправленно управлять сбором и интерпретацией данных.

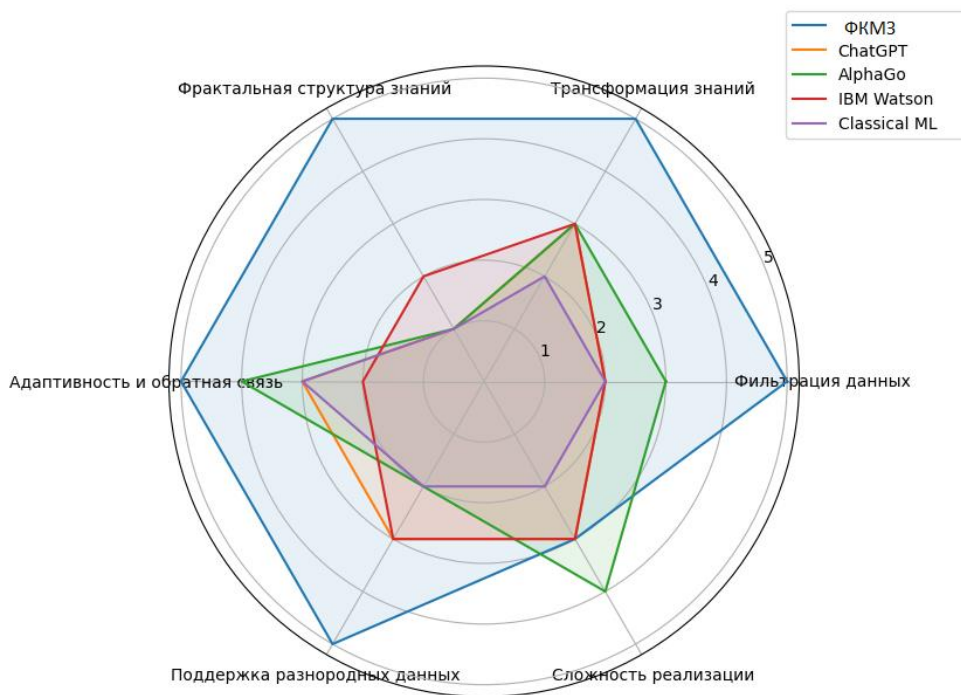


Рисунок 6. Сравнительный анализ возможностей моделей ИИ.

С точки зрения универсальности, ФКМЗ демонстрирует более широкий спектр применимости, включая обработку разнородных потоков данных (сенсорных, текстовых, визуальных, временных). В то время как большинство существующих систем специализированы (например, AlphaGo – игровые задачи, ChatGPT – текстовая обработка), предложенная модель ориентирована на интеграцию различных типов информации в единой семантической структуре (Рисунок 6).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Фрактальная организация знания, постулируемая в данной работе, позволяет системе сохранять логическую целостность при любой глубине детализации, что является критически важным для обеспечения адаптивности в условиях современного «информационного шума». В отличие от статических иерархий, фрактальная структура обеспечивает интеллектуальную гибкость: система не перестраивается полностью при поступлении новых сведений, а уточняет детали внутри уже существующих ветвей, что способствует устойчивому развитию и интеллектуальному росту.

Прежде всего, в аспекте фильтрации данных ФКМЗ демонстрирует качественно иной уровень обработки информации. В отличие от моделей, ориентированных либо на статистическую предобработку, либо на ограниченные контекстом обучающего корпуса

механизмы, ФКМЗ использует ассоциативные сущности, обладающие как глобальными, так и локальными свойствами. Это позволяет реализовать интеллектуальную фильтрацию, учитывающую семантические взаимосвязи и контекст.

Предложенная интеллектуальная модель демонстрирует следующие преимущества: структурированная трансформация знаний – сведения проходят последовательную обработку через фильтры и уровни данных, информации и фрактала знаний; адаптивность и устойчивость – управляющий уровень использует фрактал знаний для обратной связи и корректировки работы системы; универсальность применения – подход может быть реализован в интеллектуальных системах, экспертных системах, робототехнике и анализе больших данных.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Ackoff, R. L. (1989). From data to wisdom. *Journal of Applied Systems Analysis*, 16, 3–9.
- Amirtaev, K. B., Rustamov, E. N., & Mukhamediya, D. T. (2023–2025). Semanticheskoe modelirovanie znaniy v intellektualnykh sistemakh [Semantic modeling of knowledge in intelligent systems]. In *Materialy mezhdunarodnykh nauchnykh konferentsiy po iskusstvennomu intellektu i predstavleniyu znaniy* [Proceedings of international scientific conferences on artificial intelligence and knowledge representation].
- Chichkin, A. V. (1990). *Matematicheskaya informatika* [Mathematical informatics]. Nauka, Glavnaya redaktsiya fiziko-matematicheskoy literatury.
- Mukhamedieva, D. T., Rustamov, E. N., & Vasieva, D. D. (2025). Algoritmicheskie osnovy postroeniya fraktala produktsionnogo znaniya [Algorithmic foundations of constructing a fractal of production knowledge]. *European Journal of Interdisciplinary Research and Development*, 2025, 171–177. <http://www.ejird.journalspark.org>
- Muhamediyeva, D. T., & Rustamov, E. (2022). Semantic representation of production knowledge. In *2022 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT)* (pp. 1–4). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICISCT55600.2022.10146951>
- Rajabi, E., & Etminani, K. (2022). Knowledge-graph-based explainable AI: A systematic review. *Journal of Information Science*, 50(4), 1019–1029. <https://doi.org/10.1177/01655515221112844>
- Rustamov, E. N., Abdrakhmanov, R., Saparkhojayev, N., & Mukasheva, A. (2018). Algorithm bases of fractal knowledge bases designing in intellectual systems. *Vestnik KazNRTU*, 6(130), 192–198.
- Rustamov, E. N., Muhamediyeva, D. T., & Safarova, L. U. (2024). Development and management of product knowledge base. In *Proceedings of SPIE: Vol. 13065. Third International Conference on Optics, Computer Applications, and Materials Science (CMSD-III 2023)*. SPIE.
- Rustamov, N. T. (1999). *Prikladnoe raspoznavanie* [Applied recognition]. Turkestan.
- Rustamov, N. T., & Rustamov, E. N. (2022). *Evristicheskaya model funktsionirovaniya psikhiki cheloveka* [Heuristic model of the functioning of the human psyche]. Fan va texnologiyalar nashriyot-matbaa uyi. ISBN 978-9943-8122-5-3.
- Wang, Z., Liu, Q., Yin, Y., et al. (2021). Neural, symbolic and neural-symbolic reasoning on knowledge graphs. *AI Open*, 2, 14–35.
- Zakar-Polyák, E., Nagy, M., & Molontay, R. (2023). Towards a better understanding of the characteristics of fractal networks. *Applied Network Science*, 8, Article 17. <https://doi.org/10.1007/s41109-023-00537-8>
- Zhuravlev, Yu. I., Kamilov, M. M., & Tulyaganov, Sh. E. (1974). *Algoritmy vychisleniya otsenok i ikh primeneniye* [Algorithms for computing estimates and their application]. Tashkent.

Авторлар туралы мәліметтер
Информация об авторах
Information about authors

№	Информация об авторах (Ф.И.О. полностью, ученая степень, место работы или учебы, город, страна, E-mail, сотовый номер автора корреспондента:) на казахском, русском, английском языках
1	Рустамов Е.Н. - PhD, Ташкент мемлекеттік көлік университеті, Ташкент қ., Өзбекстан Рустамов Е.Н. - PhD, Ташкентский государственный университет транспорта, г.Ташкент, Узбекистан Rustamov E.N. - PhD, Tashkent State Transport University, Tashkent, Uzbekistan E-mail: rustamoverbol24@gmail.com ORCID: 0009-0000-1976-0059
2	Амиртаев К.Б. - ХҚТУ доценті, Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан қ., Қазақстан Амиртаев К.Б. -доцент МКТУ, Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави, Туркестан, Казахстан Amirtayev K.B. - associate professor, Khoja Ahmed Yasawi International Kazakh-Turkish University, Turkestan, Kazakhstan E-mail: kanat.amirtayaev@ayu.edu.kz ORCID: 0000-0001-8042-7167