

# Языковая радикальная сервисная платформа анализа и синтеза автоматизированных многоагентных систем искусственного интеллекта различного назначения

А. В. Чечкин\* , Е. С. Плешакова†

В работе предложена концепция человекоцентрической архитектурно-информационной системы — Языковой Радикальной Сервисной Платформы Анализа и Синтеза (ЯРСПАС) Автоматизированных МногоАгентных Систем Искусственного Интеллекта (АМАСИИ). В условиях роста автономности интеллектуальных модулей и усложнения цифрового пространства возникает необходимость формализованного механизма их координации, адаптивной конфигурации и централизованного управления. Предлагается концептуальная модель ЯРСПАС, рассматриваемой как распределённая среда функциональных модулей с управляемыми состояниями активации и резервирования, взаимодействующих через событийно-ориентированную коммуникационную шину и общую рабочую область знаний. Обосновываются необходимые и достаточные требования к платформе ЯРСПАС для построения и сопровождения массовых умных систем типа АМАСИИ различного назначения. Используются методы радикального, математического, информационного, языкового, нейросетевого и цифрового моделирования, системного и ультрасистемного анализа и синтеза. Формулируются и обосновываются базовые требования к ЯРСПАС и АМАСИИ. Разработаны нейросетевые трансформеры нового типа.

**Ключевые слова:** цифровая платформа, автоматизированная многоагентная система, естественный и искусственный интеллект, трансформеры, гибридные нейронные сети..

---

\* *Чечкин Александр Витальевич* — д.ф.-м.н., проф., Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, e-mail: [a.checkkin@mail.ru](mailto:a.checkkin@mail.ru).

*Chechkin Alexander Vitalievich* — Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Financial University under the Government of the Russian Federation.

† *Плешакова Екатерина Сергеевна* — к.т.н., доцент, МИРЭА — Российский технологический университет, e-mail: [pleshakova\\_es@mail.ru](mailto:pleshakova_es@mail.ru).

*Pleshakova Ekaterina Sergeevna* — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, MIREA — Russian Technological University.

## 1. Введение. Массовые умные системы различного назначения ноосферы Земли

Современный этап развития искусственного интеллекта характеризуется широким распространением многоагентных систем, гибридных нейросетевых архитектур и автономных цифровых сервисов, функционирующих в распределённой вычислительной среде. Такие системы применяются в задачах анализа больших данных, мониторинга цифрового пространства, обеспечения кибербезопасности, управления инфраструктурой и принятия решений в условиях неопределённости.

Рост масштабов и автономности интеллектуальных систем сопровождается возникновением ряда фундаментальных проблем, связанных с отсутствием единой архитектурной модели интеграции гетерогенных агентов, сложностью адаптивной реконфигурации систем при изменении внешней среды, недостаточной формализацией механизмов человекоцентричного управления и юридической ответственности, а также отсутствием архитектурных решений, обеспечивающих интеграцию современных когнитивных модулей — гибридных трансформеров, нейросетей Колмогорова–Арнольда и других моделей — в единую масштабируемую многоагентную платформу.

Теория многоагентных систем (Multi-Agent Systems, MAS) сформирована в работе [1]. В классическом понимании MAS представляет собой совокупность автономных агентов, взаимодействующих в общей среде и принимающих решения на основе локального восприятия и протоколов коммуникации [2]. Базовыми характеристиками агентов являются автономность и способность к кооперации. Архитектурно такие системы реализуются через модели распределённого планирования, координации задач и согласования действий.

В рамках теории MAS были разработаны модели взаимодействия агентов, механизмы распределённого поиска, протоколы переговоров, модели организационных структур, а также методы согласования стратегий в условиях частичной информации [3–5]. Однако подавляющее большинство таких архитектур ориентировано на решение прикладных задач распределённого управления или моделирования коллективного поведения и не предполагает платформенного уровня динамического синтеза и реконфигурации агентов в процессе эксплуатации системы.

Несмотря на значительное развитие теории многоагентных систем и гибридных нейросетевых архитектур, остаётся нерешённой задача построения формализованной платформенной модели, обеспечивающей адаптивное управление, когнитивную кооперацию агентов и контролируемое

сопровождение интеллектуальных систем в течение всего их жизненного цикла.

Настоящая работа направлена на устранение данного архитектурного разрыва. Авторы стремятся улучшить существующие решения за счёт разработки формализованной платформенной модели, объединяющей распределённую среду функциональных модулей, событийно-ориентированную коммуникацию, общую рабочую область знаний и уровень управления, обеспечивающий координацию и адаптивную настройку агентов. В отличие от традиционных MAS-архитектур, предлагаемый подход предусматривает механизм управляемой активации и деактивации когнитивных модулей в зависимости от изменения статистических и семантических характеристик входных данных.

В настоящей работе предлагается концептуальная архитектурная модель Языковой Радикальной Сервисной Платформы Анализа и Синтеза (ЯРСПАС), ориентированная на построение и сопровождение автоматизированных многоагентных систем искусственного интеллекта (АМАСИИ) различного назначения.

Актуальность исследования обусловлена ростом масштабов автономных интеллектуальных систем, их интеграцией в цифровые инфраструктуры и необходимостью обеспечения устойчивости, управляемости и прозрачности их функционирования. Увеличение объёма и сложности цифровых данных, а также динамичность информационной среды требуют перехода от статических архитектур к адаптивным платформенным решениям, способным координировать гетерогенные интеллектуальные агенты в единой когнитивной экосистеме. Предлагаемая модель ориентирована на решение именно этой задачи, обеспечивая структурированную интеграцию интеллектуальных модулей и их управляемое функционирование в рамках человекоцентричной цифровой платформы.

Приведем слова физиолога, академика И. П. Павлова: «...*Слово* сделало нас людьми. ...*Вторая сигнальная система* представляет собой чрезвычайную прибавку к высшей нервной деятельности человека, это наше лишнее, добавочное, социальное и есть человеческое ...» [6]. Приведем слова философа, академика В. И. Вернадского: «...Все человечество, вместе взятое, представляет ничтожную массу вещества планеты. Мощь его связана не с его массой, но с его мозгом, разумом и его трудом, направленным этим разумом. ... *Ноосфера* есть новое геологическое явление на нашей планете. В ней впервые человек становится крупнейшей геологической силой. Он может и должен перестраивать своим трудом и мыслью область своей жизни ...» [7]. Интеллектуальные системы любой архитектуры и назначения являются предметом *теоретической и прикладной информатики* [8].

Сегодня ноосфера Земли определяется умными системами искусственного интеллекта (ИИ) различного назначения в рамках разнообразных сервисных систем, таких как Infrastructure as a Service (IaaS); Software as a Service (SaaS); Platform as a Service (PaaS) [9, 10] и др.

Главная мысль авторов настоящей статьи состоит в том, что сообщество искусственных интеллектуальных систем ноосферы Земли должно формироваться и быть под жёстким контролем *человека-субъекта ПРАВА*. Для этого предлагается использовать Языковую Радикальную Сервисную Платформу Анализа и Синтеза (ЯРСПАС), с помощью которой формировать группировку исполнителей в форме Автоматизированных МногоАгентных Систем ИИ (АМАСИИ) требуемых назначений и обеспечивать высокоэффективное и юридически благоразумное сопровождение их в течение всего их жизненного цикла. В настоящей работе ЯРСПАС рассматривается не как существующий программный продукт, а как концептуальная архитектурная модель человекоцентричной многоагентной цифровой платформы, формализуемая впервые. Ниже сформулируем и обсудим базовые требования к сервисной платформе и к её многоагентным системам ИИ:

### 1.1. Радикальность архитектуры платформы ЯРСПАС и ее АМАСИИ

Платформа строится на базе математической модели проблемной области — расширенный театр действий ЯРСПАС и АМАСИИ в форме среды радикалов [11–15].

**Определение.** *Среда радикалов* — это тип распределённого информационно-системного избыточного ресурса, когда каждая целостность (модуль) этого ресурса является *радикалом*.

**Определение.** *Радикал* — это гетерогенная функциональная система любой архитектуры, которая имеет предназначение и два внешне доступных типа состояния: *активен* (включен) и *пассивен* (выключен).

**Определение.** *Активный радикал* — когда радикал функционирует, действует по своему назначению.

**Определение.** *Пассивный радикал* — когда радикал не функционирует по назначению, но готов к активации и находится в резерве, в запасе, в хранении. Пассивные радикалы определяют скрытый *потенциал* среды радикалов, предназначенный для преодоления нештатных, неопределённых ситуаций в театре действий ЯРСПАС и АМАСИИ. Наличие пассивных радикалов для ЯРСПАС и АМАСИИ — это эффективная

форма информационно-системной избыточности, которая обеспечивает их *Информационно-Системную Безопасность* (ИСБ) [11, 12].

Среда радикалов — иерархическая сеть взаимосвязанных и взаимосогласованных гетерогенных радикалов разной архитектуры. Структура среды радикалов имеет эффективную дружественную человеку форму *Координатной Навигационной Семантической Сети (КНСС)*, обладающей:

*Во-первых, единой, глобальной семантической стандартизацией и согласованностью радикалов.* В результате активные радикалы при функционировании не конфликтуют между собой. Пассивные радикалы выключены и не мешают функционированию активных радикалов.

*Во-вторых, автономностью радикалов,* когда доступно внешнее для ЯРСПАС или АМАСИИ управление активным радикалом, когда пассивный радикал доступен для *автономного обновления и модификации, с соблюдением* семантической согласованности и глобальной бесконфликтности среды радикалов.

*В-третьих, оптимальной активацией среды радикалов,* когда из многовариантной, многофункциональной возможности активации среды радикалов выбирается оптимальная, наиболее эффективная конфигурация, когда выбирается оптимальный кластер радикалов, целевая рабочая сеть активных радикалов, целевой системоквант.

Целью настоящего исследования является разработка и формализация архитектурной модели человекоцентричной многоагентной цифровой платформы — Языковой Радикальной Сервисной Платформы Анализа и Синтеза (ЯРСПАС), предназначенной для построения и координации автоматизированных многоагентных систем в динамически изменяющемся цифровом пространстве. В рамках достижения поставленной цели осуществляется формализация распределённой среды функциональных модулей (радикалов) как среды гетерогенных вычислительных компонентов с управляемыми состояниями активации и резервирования, объединённых в единую архитектуру взаимодействия. Разрабатывается модель межмодульной коммуникации на основе событийно-ориентированной шины (Event Bus), обеспечивающей асинхронный обмен сигналами и метаданными, и общей рабочей области (Shared Blackboard), реализующей согласованное хранение и агрегацию промежуточных когнитивных представлений. Предусматривается интеграция гибридных нейросетевых архитектур (включая трансформерные и KAN-ориентированные модели) в качестве вычислительных ядер агентов, выполняющих задачи семантического анализа, классификации и прогнозирования. Также формализуются механизмы динамического синтеза новых агентов и их конфигурацион-

ной адаптации в ответ на изменение статистических и семантических характеристик входных потоков данных.

## 1.2. Человекоцентричность платформы ЯРСПАС и её АМАСИИ

ЯРСПАС задумана как лаборатория для проведения экспериментально-исследовательских работ с целью построения элементной базы будущих АМАСИИ различного назначения. В частности, эффективных массовых стандартных радикалов, схем радикалов вплоть до штатных агентов АМАСИИ. При этом АМАСИИ всегда является автоматизированной системой, где главным является социально и юридически ответственный человек — (координатор, оператор, начальник, командир, хозяин). Платформа ЯРСПАС должна оперативно отвечать на динамику изменений в своей проблемной области, использовать свои инновации для создания, формирования, адаптации, управления, модификации сообщества социально ответственных АМАСИИ различного назначения под жёстким контролем человека. Координатор АМАСИИ должен соблюдать закон и быть юридическим или физическим субъектом ПРАВА. Действует правило: «Смочь АМАСИИ сможет, но кто ей позволит?».

ЯРСПАС организует, с учётом общего *Стратегического Технического Задания (общее СТЗ)* на дальнесрочный период для каждой АМАСИИ группировки индивидуальное *частное* Тактико-Техническое Задание (*ТТЗ*), включая (*частные ТТЗ*) для каждого агента. Имея стратегическую цель, как *общее СТЗ*, с учётом модели расширенного театра действий ЯРСПАС и АМАСИИ, координатор распределяет подцели, нагрузку между АМАСИИ. При этом каждому агенту АМАСИИ выдаётся своё *частное ТТЗ*. Без частного ТТЗ агенты не функционируют, находятся в резерве, в запасе в ожидании своего частного ТТЗ. *Координатор контролирует* исполнение общего и частных технических заданий и может в любой момент времени скорректировать любое частное ТТЗ своих агентов [13–16]. Кроме этого, ЯРСПАС обеспечивает успешное сервисное сопровождение всех подсистем АМАСИИ в течение всего их жизненного цикла. *Пример*, пусть для ЯРСПАС имеем:

*общее СТЗ* = «Анализ и оценки *Корректности ЦП*».

Здесь *ЦП* — это *Цифровое Пространство* — Выделенная часть Больших Данных (*ВчБД*) и Выделенная часть Умных Технологий (*ВчУТ*). *Корректность ЦП* — это когда *ВчБД* о точке [5], о чём-либо или о ком-либо зарегистрированы, формализованы и ещё, когда *ВчУТ* воздействия на данные, или на материал, или на энергию для достижения

разумной и закономерной цели, тоже *зарегистрированы, формализованы*. Анализ и оценки *корректности ЦП* — значит *обеспечить* для всех тех элементов ЦП, которые являются *активными (используемыми) в данное время в рамках ЯРСПАС* достоверную оценку корректности этого элемента.

### 1.3. Языковое общение в ЯРСПАС и в АМАСИИ

Языковое общение в ЯРСПАС и в АМАСИИ происходит на естественном языке человека. Координатор каждой АМАСИИ должен подчиняться закону и быть юридическим или физическим субъектом ПРАВА. Агентами АМАСИИ выступают отдельные умные системы ИИ различного назначения: сенсоры, датчики, роботы, цифровые двойники, нейросетевые трансформеры, классификаторы, системы поддержки выбора решений, планировщики и другие эффективные исполнители. Элементной базой платформы ЯРСПАС является сеть гетерогенных когнитивных радикалов, взаимодействующих через событийно-ориентированную шину (Event Bus) и общую рабочую область (Shared Blackboard).

Далее рассмотрим методические примеры успешных разработок в рамках ЯРСПАС трёх новых нейросетевых трансформеров: *Hyb-KAN* (см. раздел 2), *KAN-BiLSTM* (см. раздел 3) и *Hyb-TKAN* (см. раздел 4), являющихся прототипами будущих агентов АМАСИИ соответствующего назначения.

## 2. Hyb-KAN в многоагентной системе

Автоматизированная Многоагентная Система ИИ является прикладной реализацией ЯРСПАС. Каждый агент АМАСИИ является автономной функциональной системой — схемой радикалов, выполняющей конкретную задачу в рамках частного ТТЗ, утверждённого координатором. В рамках ЯРСПАС ключевое значение приобретает вопрос выбора и организации вычислительного «ядра» для радикалов, реализующих функции интеллектуального анализа, прогнозирования и принятия оценок корректности ЦП. Отдельные агенты АМАСИИ могут быть реализованы в виде специализированных гибридных нейросетевых структур.

Наиболее перспективной является новая архитектура *Hyb-KAN* (*Hybrid Kolmogorov–Arnold Network*), интегрирующая принципы рекуррентных сетей (BiLSTM), трансформеров (RoBERTa), многодоменного динамического внимания (MD-DAN, Multi-Domain Dynamic Attention) и функциональных аппроксиматоров Колмогорова–Арнольда (KAN). Универсальная архитектура *Hyb-KAN* разработана для интеллектуального

анализа и оценок корректности ЦП, для выявления деструктивного контента ЦП, в том числе проблем социальной инженерии.

Гибридная нейросетевая архитектура нового поколения *Hyb-KAN* обеспечивает интерпретируемость, адаптивность, устойчивость вычислений и применяется для задачи классификации текстовых данных цифрового пространства, рис. 1.

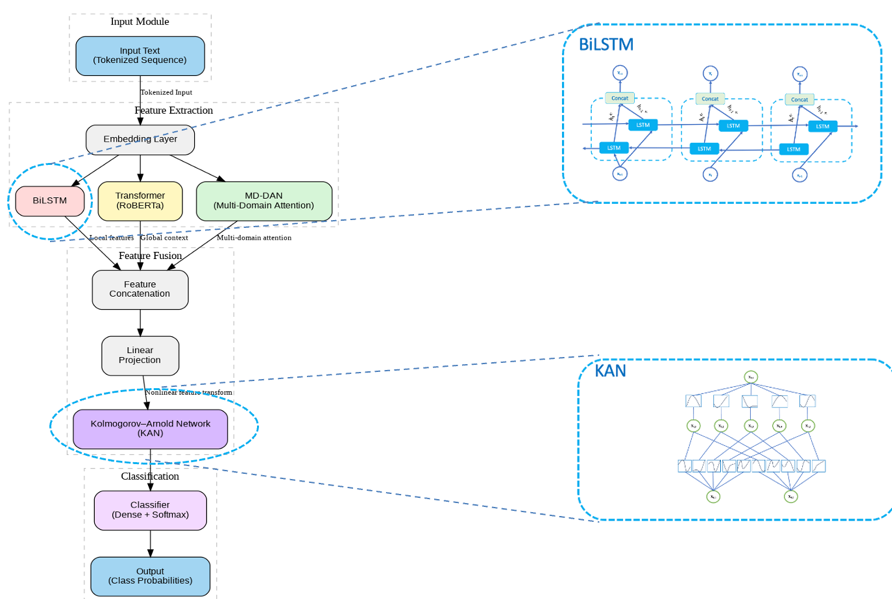


Рис. 1: Архитектура *Hyb-KAN*

Архитектура *Hyb-KAN*, рис. 1, объединяет несколько уровней:

- *уровень локальных зависимостей*, моделируемый модулем BiLSTM, который фиксирует синтаксические и временные связи последовательностей;
- *уровень глобального контекста*, реализуемый специализированным трансформером RoBERTa для извлечения семантических корреляций между токенами и предложениями;
- *уровень многодоменного динамического внимания (MD-DAN)*, обеспечивающий селективное выделение трёх взаимосвязанных доменов признаков — семантического, контекстного и временного;
- *уровень функциональной аппроксимации (KAN)*, моделирующий нелинейные взаимодействия между признаками, которые извлечены

предыдущими модулями, в соответствии с теоремой Колмогорова–Арнольда о суперпозиции многомерных функций.

Каждый радикал *Hyb-KAN* в платформе ЯРСПАС функционирует как интеллектуальный модуль, способный к адаптивной самокалибровке и контекстной переработке входных данных. При активации радикал подключается к событийно-ориентированной шине платформы и общей доске знаний, обмениваясь результатами анализа с другими агентами-радикалами.

В процессе работы *Hyb-KAN* формирует многоуровневое представление входного текста  $X$ , преобразуя его в интегрированное пространство признаков  $F_{MD-DAN}$ .

Предлагаемая модель *Hyb-KAN* интегрирует преимущества сети *KAN*, сети *BiLSTM*, многодоменной динамической сети внимания *MD-DAN* и *Transformer*.

Ниже представлена символьная формализация основных модулей модели.

**Входное пространство и этап восприятия.** Рассмотрим входной текст  $X$  в виде последовательности эмбеддингов:  $x_i, i = 1, \dots, T$

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_T\}, \quad x_i \in \mathbb{R}^{d_i},$$

где  $T$  — длина последовательности,  $d_i$  — размерности эмбеддингов,  $i = 1, \dots, T$ . Для моделирования локального синтаксического контекста используется *BiLSTM*:

$$\begin{aligned} \vec{h}_i &= \text{LSTM}_f(x_i, \vec{h}_{i-1}), \\ \overleftarrow{h}_i &= \text{LSTM}_b(x_i, \overleftarrow{h}_{i+1}), \\ h_i &= [\vec{h}_i; \overleftarrow{h}_i], \quad H_{\text{BiLSTM}} = \{h_1, \dots, h_T\}, \quad h_i \in \mathbb{R}^{2h}. \end{aligned}$$

Для глобального контекстного кодирования используется предварительно обученный трансформер *RoBERTa*:

$$H_{\text{Trans}} = \text{RoBERTa}(X) = \{r_1, \dots, r_T\}, \quad r_i \in \mathbb{R}^{d_r}.$$

Таким образом, радикал *Hyb-KAN* сочетает линейные зависимости *BiLSTM* с глобальной контекстуальной структурой *Transformer*, обеспечивая многомерное восприятие смыслов.

**Многодоменная динамическая сеть внимания.** Для интеграции разных доменов внимания используется многодоменная динамическая сеть внимания (*MD-DAN*). Модуль *MD-DAN* описывает семантическое, контекстное и временное внимание. Пусть  $E_i$  — общий вектор признаков для  $i$ -го токена, полученный через объединение скрытых состояний:

$$E_i = [h_i; r_i] \in \mathbb{R}^{2h+d_r}.$$

*Семантическое* внимание:

$$\alpha_i = \text{softmax}(E_i^\top W_s), \quad S = \sum_{i=1}^T \alpha_i E_i.$$

*Контекстуальное self-внимание:*

$$\begin{aligned} Q_i &= E_i W_q, & K_j &= E_j W_k, & V_j &= E_j W_v, \\ A_{ij} &= \frac{Q_i K_j^\top}{\sqrt{d_k}}, \\ C_i &= \sum_{j=1}^T \text{softmax}(A_{ij}) V_j. \end{aligned}$$

*Временное* внимание (при наличии  $t_i$ ):

$$\beta_i = \text{softmax}(t_i^\top W_t), \quad \mathcal{T} = \sum_{i=1}^T \beta_i E_i.$$

*Агрегация* доменных признаков:

$$F_{\text{MD-DAN}} = w_s S + w_c C + w_t \mathcal{T}, \quad w_s, w_c, w_t \in \mathbb{R}.$$

**Интеграция признаков.** Объединение всех модулей:

$$\tilde{H} = [H_{\text{BiLSTM}}; H_{\text{Trans}}; F_{\text{MD-DAN}}] \in \mathbb{R}^{T \times d_f}, \quad X_f = W_f \tilde{H} + b_f \in \mathbb{R}^{T \times d_x}.$$

**Завершающий когнитивный этап.** Завершающий когнитивный этап работы радикала реализуется посредством *сети Колмогорова–Арнольда (KAN)*, формализующей рассуждение как суперпозицию функций и реализующей обобщённую модель *КАН* аппроксимации:

$$\begin{aligned} f(X_f) &= \sum_{i=1}^m \varphi_i \left( \sum_{j=1}^n \omega_{ij} g_j(x_j) + b_i \right), \\ g_j(x_j) &= a_{j0} + \sum_{k=1}^p a_{jk} x_j^k, \end{aligned}$$

где  $\varphi_i(\cdot)$  — обучаемая активация.

В контексте ЯРСПАС этот уровень отражает процесс интерпретации и принятия решения — формирование нового смыслового состояния на основании накопленных представлений.

Далее результат от *KAN* передаётся в двухслойный классификатор:

$$\begin{aligned} z &= \text{ReLU}(W^{(1)}f(X_f) + b^{(1)}), \\ z' &= \text{Dropout}(z), \\ \hat{y} &= \text{Softmax}(W^{(2)}z' + b^{(2)}). \end{aligned}$$

В качестве функции потерь используется кросс-энтропия:

$$\mathcal{L} = - \sum_{i=1}^T y_i \log(\hat{y}_i),$$

где  $y_i$  — истинная метка,  $\hat{y}_i$  — предсказанная вероятность класса  $i$ .

Таким образом, радикал *Hyb-KAN* обучается минимизировать расхождение между предсказанным и истинным смысловым классом, формируя устойчивую когнитивную реакцию на входной стимул. Такая многоуровневая структура обеспечивает интерпретируемое и человекоцентричное функционирование радикала: каждый вычислительный этап соответствует наблюдаемому когнитивному процессу, а результат его работы подлежит контролю и правовой ответственности человека-координатора.

Было проведено *сравнительное экспериментальное исследование* её качества по отношению к широко используемым моделям глубокого обучения. Сравнение проводилось на корпусе текстов цифрового пространства, включающем категории корректного и деструктивного контента. Обучение моделей осуществлялось при одинаковых условиях разбиения данных и параметрах оптимизации. Предложенная авторами в исследовании модель сравнивалась с тремя базовыми моделями классификации: свёрточные нейронные сети *CNN*, сети с долговременной краткосрочной памятью *LSTM*, *BiLSTM* и двунаправленные кодирующие представления от трансформеров *RoBERTa*. Полученные результаты демонстрируют, что интеграция многодоменного динамического внимания и функционального слоя Колмогорова–Арнольда позволяет повысить качество классификации по сравнению с традиционными рекуррентными и трансформерными архитектурами, рис. 2.

Представленные тестовые результаты подтверждают, что модуль *Hyb-KAN* в рамках концепции ЯРСПАС создаёт основу для построения человекоцентричных многоагентных систем различного назначения, обладающих устойчивостью к контекстному искажению данных, необходимой

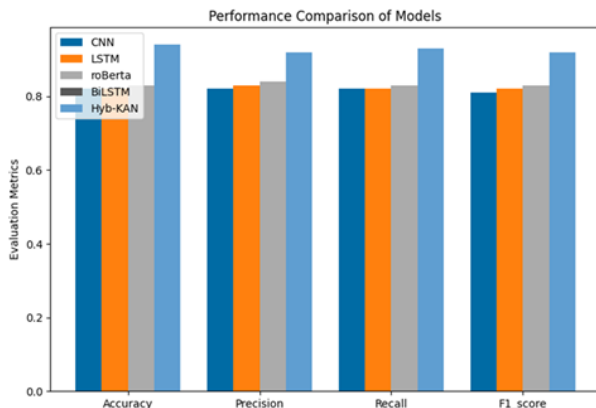


Рис. 2: Сравнительный анализ производительности моделей

адаптивностью и высокой интерпретируемостью. В частности, систем классификации текстов, систем интеллектуального анализа и оценок коррекции цифрового пространства.

Развитие гибридных архитектур искусственного интеллекта открывает возможности реализации интеллектуальных агентов нового типа: интерпретируемых, адаптивных и этически контролируемых [13–17]. Синтез концепции ЯРСПАС и нейросетей типа *Hyb-KAN* позволяет сформировать метауровневую систему АМАСИИ, в которой человек выступает субъектом права и координатором, а нейросетевые агенты с подчинёнными им функциональными радикалами реализуют задачи интеллектуального анализа и оценок корректности ЦП.

В Языковой Радикальной Сервисной Платформе Анализа и Синтеза (ЯРСПАС) каждый радикал функционирует не изолированно, а как элемент распределённой когнитивной экосистемы. Управление взаимодействием радикалов и координация их когнитивных циклов осуществляется посредством событийно-ориентированной шины (Event Bus) и общей рабочей области (Shared Blackboard), формирующих коммуникационное ядро платформы (рис. 3).

Событийно-ориентированная шина реализует асинхронный обмен данными и сигналами между активными радикалами.

Каждый *Hyb-KAN*-радикал может: *публиковать* события, отражающие результаты анализа контента; *подписываться* на события от других радикалов, инициируя собственный когнитивный цикл при появлении новых данных; передавать управляющие мета-сигналы в сторону координатора. Таким образом, *Event Bus* выступает как проводящая система

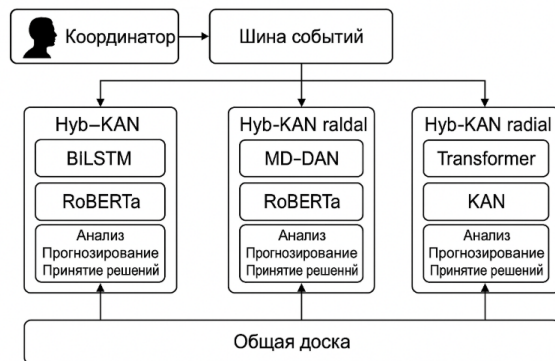


Рис. 3: Архитектура Гиб-КАН в ЯРСПАС–АМАСИИ

ЯРСПАС, обеспечивающая живой обмен смысловыми импульсами между интеллектуальными модулями-радикалами.

Общая рабочая область (*Shared Blackboard*) представляет собой *глобальную память платформы*, содержащую структурированные представления текущего состояния среды радикалов, их гипотез и промежуточных выводов. В отличие от событийной шины, которая передаёт мгновенные сигналы, доска знаний аккумулирует долгоживущие артефакты анализа.

*Гиб-КАН*-радикалы взаимодействуют с доской в трёх режимах:

1. *Запись* — публикация новых интерпретаций и вероятностных оценок в виде векторов  $\hat{y}_i$ , сопровождаемых метаданными (дата, источник, контекст).
2. *Чтение* — получение результатов других радикалов для контекстного обогащения собственного анализа.
3. *Резонанс* — совместная обработка записей с разными уровнями доверия, что формирует когнитивный консенсус между радикалами.

Эта структура реализует принцип *когнитивной кооперации*: радикалы не просто обмениваются данными, но синтезируют общее представление ситуации ЦП.

В надсистемном уровне ЯРСПАС функционирует *Метамодуль-диспетчер*, который координирует работу всех деятельных радикалов, распределяет тактико-технические задания (ТТЗ) и контролирует нагрузку. При поступлении в *Event Bus* нового класса угроз или изменении статистики входных сигналов диспетчер инициирует создание нового радикала, используя шаблон *Гиб-КАН* как *архитип когнитивного ядра*.

В этом заключается процесс настраивания АМАСИИ на новое семантическое состояние ЦП. Процесс синтеза нового радикала включает:

1. *Копирование* базовой архитектуры *Hyb-KAN* и загрузку предварительно обученных параметров.
2. *Инициализацию домена внимания  $D^*$* , соответствующего новому типу угрозы (например, речевая агрессия, фейковый контент, манипулятивная реклама).
3. *Регистрацию радикала* в среде и установку связей с *Blackboard* и другими модулями ЯРСПАС.
4. *Включение механизма обратного обучения* на новых данных, поступающих через шину событий.

Таким образом, система демонстрирует *адаптивный синтез модулей* — формирование новых когнитивных радикалов, настроенных по требованию ЦП без нарушения глобальной семантической согласованности.

В основе всей событийно-ориентированной архитектуры сохраняется принцип человекоцентризма: любой радикал, даже синтезированный автоматически, подчинён координатору-человеку, являющемуся субъектом права. Только человек может авторизовать активацию радикала и подтвердить его решения. В результате формируется человеко-машинная когнитивная система, способная адаптивно реагировать на угрозы, синтезировать новые формы интеллектуальной активности и при этом оставаться под полным юридическим и этическим контролем субъекта-координатора.

### **3. Новый гибридный нейросетевой трансформер KAN-BiLSTM для анализа и оценок корректности ЦП**

В рамках ЯРСПАС была разработана новая архитектура нейросети с высокими показателями многоуровневой обработки текстовых данных: от локального синтаксического анализа до функционального синтеза смысловых данных. Новая гибридная нейросетевая архитектура *Hyb-KAN* (Hybrid Kolmogorov–Arnold Network). Модуль *Hyb-KAN* интегрирует преимущества известных механизмов: BiLSTM, Transformer (RoBERTa), Multi-Domain Dynamic Attention (MD-DAN) и функциональных аппроксиматоров Колмогорова-Арнольда (KAN).

*Автоматизированная Многоагентная Система (АМАСИИ)* выступает прикладной реализацией ЯРСПАС. Каждый агент является автономной функциональной системой — схемой радикалов, выполняющей

конкретную задачу в рамках общей цели, определённой координатором. В рамках ЯРСПАС ключевое значение приобретает вопрос выбора и организации вычислительного «ядра» для радикалов, реализующих функции интеллектуального анализа, прогнозирования и принятия решений об оценках корректности ЦП. В этой роли естественным образом выступают гибридные нейросетевые архитектуры нового поколения, обеспечивающие интерпретируемость, адаптивность и устойчивость вычислений. Наиболее перспективным решением является новая архитектура *Hyb-KAN (Hybrid Kolmogorov–Arnold Network)*, интегрирующая принципы рекуррентных сетей (*BiLSTM*), трансформеров (*RoBERTa*), многодоменного динамического внимания (*MD-DAN*) и функциональных аппроксиматоров Колмогорова–Арнольда (*KAN*) (см. раздел 2).

С точки зрения платформы ЯРСПАС, такая архитектура выступает интеллектуальным агентом, трансформером *KAN-BiLSTM* (см. раздел 3), способным к многоуровневому семантическому анализу и синтезу решений в составе распределённой среды радикалов. При этом модуль *BiLSTM* обеспечивает моделирование локальных зависимостей и временных закономерностей текстовых потоков, трансформерный блок *RoBERTa* извлекает глобальный контекст и скрытые связи в языке, модуль *MD-DAN* выделяет семантические, контекстные и временные домены внимания, а сеть *KAN* выполняет функциональную аппроксимацию сложных нелинейных зависимостей между признаками. В совокупности эти компоненты формируют *гибридное ядро радикала*, которое может быть внедрено в любую Автоматизированную МногоАгентную Систему ИИ (АМАСИИ) как автономный элемент среды радикалов ЯРСПАС. При активации такой радикал выполняет интеллектуальные функции анализа ЦП, распознавания деструктивных воздействий и формирования сигналов для управляющих агентов.

С точки зрения платформы ЯРСПАС, аналогичная архитектура выступает как интеллектуальный агент, трансформер *KAN-BiLSTM* [18], способный к многоуровневому семантическому анализу и синтезу решений в составе распределённой среды радикалов. В этом случае модуль *BiLSTM* обеспечивает моделирование локальных зависимостей и временных закономерностей текстовых потоков, трансформерный блок *RoBERTa* извлекает глобальный контекст и скрытые связи в языке, модуль *MD-DAN* выделяет семантические, контекстные и временные домены внимания, а сеть *KAN* выполняет функциональную аппроксимацию сложных нелинейных зависимостей между признаками.

Ключевой особенностью предлагаемой новой архитектуры является замена стандартного полносвязного классификационного блока на функциональный аппроксиматор *KAN*. Такой подход позволяет моделировать

нелинейные зависимости между признаками через суперпозицию одномерных функций, что повышает структурированность нелинейности и снижает параметрическую избыточность модели. В результате достигается баланс между выразительной способностью и вычислительной устойчивостью.

Дополнительным эффектом является повышение *интерпретируемости*, при которой вклад отдельных признаков и их функциональных преобразований может быть проанализирован на уровне компонент *KAN*, что было бы затруднительно при использовании стандартных плотных слоёв.

Снижение параметрической сложности делает модель менее чувствительной к дисбалансу классов, а также обеспечивает стабильность при обработке текстов с вариативной лексикой и синтаксическими перестановками. Благодаря линейной масштабируемости и умеренным требованиям к вычислительным ресурсам архитектура пригодна для работы в режиме непрерывного анализа потоковых данных, где критическим фактором является скорость обработки. Таким образом, слой *KAN* позволяет повысить точность модели и структурировать её нелинейность без существенного увеличения вычислительной нагрузки, обеспечивая практическую применимость при решении задач анализа и получения оценок корректности цифрового пространства.

При активации новый трансформер *KAN-BiLSTM* [18] (см. раздел 3) выполняет функции интеллектуального анализа и оценок корректности ЦП с учетом распознавания очередных новых деструктивных воздействий и формирования сигналов для управляющих агентов. При деактивации он сохраняет свою конфигурацию и знания в составе пассивного резерва платформы, обеспечивая информационно-системную избыточность и безопасность среды радикалов. При этом модуль *Hyb-KAN* используется в ЯРСПАС как универсальный вычислительный модуль синтеза смыслов и распознавания паттернов, обеспечивающий технологическую основу для человекоцентричных, юридически контролируемых и этически ответственных автоматизированных многоагентных систем интеллектуального анализа и оценок корректности ЦП.

#### **4. Новый гибридный нейросетевой трансформер Hyb-TKAN для классификации ЦП**

Кроме трансформера *KAN-BiLSTM* (см. раздел 3) в рамках Языковой Радикальной Сервисной Платформы Анализа и Синтеза (ЯРСПАС) получена ещё одна новая гибридная нейросетевая архитектура трансформер

*Hyb-TKAN* (Hybrid Kolmogorov–Arnold Network Transformer), [19], который является агентом АМАСИИ. Он обеспечивает классификацию ЦП, семантический анализ, идентификацию угроз и адаптивную обработку потоковых данных в коллективном ЦП.

Гибридная архитектура нейросетевого преобразователя *Hyb-TKAN* сочетает ключевые преимущества моделей *BiLSTM*, *Transformer*, многодоменной динамической сети внимания (*MD-DAN*) и сети *KAN*. Предлагаемая структура сочетает способность *BiLSTM* эффективно фиксировать локальные взаимосвязи внутри последовательностей с возможностями *Transformera* учитывать глобальные контекстные зависимости. Дополнительный модуль *MD-DAN* повышает производительность модели, подчёркивая семантические, контекстные и временные характеристики данных.

Гибридная структура *Hyb-TKAN* позволяет дополнять преимущества *Transformera* и *BiLSTM* при обработке последовательных текстовых данных, в то время как сеть *KAN* расширяет возможности модели в плане учёта меняющихся во времени зависимостей. Это делает её особенно эффективной в сценариях динамического распространения деструктивного контента, например, в рамках скоординированных кампаний по дезинформации.

Архитектура *Hyb-TKAN* состоит из нескольких модулей, включая модуль *BiLSTM*, модуль *Transformer*, многодоменную динамическую сеть внимания (*MD-DAN*), сеть *KAN* и финальный классификатор. Ключевые особенности *Hyb-TKAN* включают многоуровневый анализ, в котором *BiLSTM* фиксирует локальные синтаксические и последовательные зависимости, *Transformer* обрабатывает глобальную контекстную информацию, *MD-DAN* обеспечивает семантическое, контекстное и временное внимание, а сеть *KAN* явно моделирует нелинейные временные зависимости, улучшая способность системы обнаруживать динамические и скрытые закономерности в данных.

Синергия *BiLSTM*, *Transformer*, *MD-DAN* и сети *KAN* обеспечивает гибкость, адаптивность и точность анализа текста и последовательностей. Модель *Hyb-TKAN* [19] легко применима в различных областях и задачах благодаря гибридной архитектуре и внедрению сети *KAN*. Она позволяет эффективно обрабатывать временные и нелинейные зависимости. Модель легко применима в различных областях и задачах благодаря гибридной архитектуре и внедрению сети *KAN*, обеспечивает эффективную обработку временных и нелинейных зависимостей.

## 5. Заключение

Обоснована необходимость создания человекоцентрической архитектурно-информационной платформы нового типа Языковой Радикальной Сервисной Платформы Анализа и Синтеза (ЯРСПАС), обеспечивающей управляемое, юридически ответственное и этически согласованное функционирование систем искусственного интеллекта типа АМАСИИ ноосферы Земли. Показано, что предложенная структура радикалов, объединённых через событийно-ориентированную шину и общую рабочую область, формирует когнитивную экосистему, способную к адаптивному синтезу новых функциональных элементов и поддержанию информационно-системной безопасности в динамически изменяющемся цифровом пространстве.

Интеграция радикала *Hyb-KAN* (см. раздел 2) в рамках ЯРСПАС в многоагентную среду АМАСИИ убедительно продемонстрировала возможность построения самоорганизующихся систем, где взаимодействие между агентами осуществляется через Event Bus и Shared Blackboard, а метаагент управляет синтезом новых радикалов на основе текущего контекста. Тем самым реализуется принцип когнитивной кооперации и создаётся человеко-машинная экосистема, способная к автономному развитию под полным правовым и этическим контролем координатора, субъекта права.

Результаты демонстрационных примеров (см. разделы 3 и 4) подтверждают, что объединение философских основ ноосферного подхода к ЦП с современными новыми гибридными нейросетевыми архитектурами формирует теоретическую и технологическую базу для построения эффективных Автоматизированных Многоагентных Систем анализа и оценок корректности ЦП, обеспечивающих безопасность, устойчивость и интерпретируемость когнитивных процессов искусственного интеллекта в рамках человекоцентричной цифровой сервисной платформы.

## Список литературы

- [1] M. Wooldridge, N.R. Jennings, “Intelligent agents: Theory and practice”, *The Knowledge Engineering Review*, **10:2** (1995), 115–152. DOI: 10.1017/S0269888900008122.
- [2] J. Huang et al., “Foundation models and intelligent decision-making: Progress, challenges, and perspectives”, *The Innovation*, **6:6** (2025), 100948. DOI: 10.1016/j.xinn.2025.100948.
- [3] W. Zhao et al., “A Survey on Computing Power Networks: Architecture, Resource Allocation, and AI Services Enablement”, *IEEE Transactions on Network Science and Engineering*, 2026.

- [4] S. Gupta, “AI agents collaboration under resource constraints: Practical implementations”, *International journal of artificial intelligence research and development*, **3**:1 (2025), 51–63. DOI: 10.34218/IJAIRD\_03\_01\_004.
- [5] Nguyen-Thi-Mai A. et al., “A Survey on Challenges and Emerging Frontiers of Multi-Agent Systems”, *SOICT 2025 (The 14th International Symposium on Information and Communication Technology)*, 2025.
- [6] И. П. Павлов, *Лекции о работе больших полушарий головного мозга. Полное собрание трудов*, т. **1, 2, 5**, 1973.
- [7] В. И. Вернадский, *Биосфера и ноосфера*, Наука, М., 1989.
- [8] А. В. Чечкин, *Математическая информатика*, Наука, М., 1991.
- [9] *Яндекс 360*, <https://360.yandex.ru/>.
- [10] S. Russell, P. Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, 4th ed., Pearson, 2021.
- [11] А. В. Чечкин, “Тезис о наличии искусственного интеллекта”, *Интеллектуальные системы. Теория и приложения.*, **25**:1 (2021), 29–49.
- [12] А. В. Чечкин, “Когнитивный уровень ИИ”, *Интеллектуальные системы. Теория и приложения.*, **26**:2 (2022), 5–24.
- [13] А. В. Чечкин, “Математические основы теоретической информатики. Теория нечёткой семантической информации о точке. Семантика естественного языка”, *Интеллектуальные системы. Теория и приложения.*, **29**:1 (2025), 5–16.
- [14] L. Floridi, J. Cowsls, M. Beltrametti, R. Chatila, P. Chazerand, V. Dignum, E. Vayena, “AI4People—An ethical framework for a good AI society: Opportunities, risks, principles, and recommendations”, *Minds and Machines*, **28**:4 (2018), 689–707. DOI: 10.1007/s11023-018-9482-5.
- [15] B. Shneiderman, “Human-centered artificial intelligence: Reliable, safe & trustworthy”, *International Journal of Human-Computer Interaction*, **36**:6 (2020), 495–504. DOI: 10.1080/10447318.2020.1741118.
- [16] F. Chen, S. Li, J. Han, F. Ren, Z. Yang, “Review of Lightweight Deep Convolutional Neural Networks”, *Archives of Computational Methods in Engineering*, **31**:4 (2024), 1915–1937. DOI: 10.1007/s11831-023-10032-z.
- [17] A. V. Chechkin, E. S. Pleshakova, S. T. Gataullin, “A Hybrid KAN-BiLSTM Transformer with Multi-Domain Dynamic Attention Model for Cybersecurity”, *Technologies*, **13**:6 (2025), 223. DOI: 10.3390/technologies13060223.
- [18] A. V. Chechkin, E. S. Pleshakova, S. T. Gataullin, “Мультиагентная система мониторинга цифрового пространства на основе гибридного нейросетевого трансформера KAN-BiLSTM”, *Свидетельство о государственной регистрации программы на ЭВМ № 2025696035*, 2025.
- [19] A. V. Chechkin, E. S. Pleshakova, S. T. Gataullin, “Гибридный нейросетевой трансформер Нуб-ТKAN для обнаружения и классификации деструктивного контента в цифровом пространстве”, *Свидетельство о государственной регистрации программы на ЭВМ № 2025697450*, 2025.

## Language Radical Service Platform for Analysis and Synthesis of Automated Multi-Agent Artificial Intelligence Systems for Various Purposes

A. V. Chechkin, E. S. Pleshakova

This paper proposes the concept of a human-centric architectural information system — the Language Radical Service Platform for Analysis and Synthesis (YARSPAS) of Automated Multi-Agent Artificial Intelligence Systems (AMASII). In the context of the growth of autonomous intelligent modules and the increasing complexity of digital spaces, the need arises for a formalized mechanism for their independence, adaptive configuration, and centralized control. A conceptual model of YARSPAS is proposed, considered as a distributed environment created by modules with controlled activation and redundancy states, interacting through an event-oriented communication bus and a conducting knowledge area. The necessary and sufficient requirements for the YARSPAS platform for the construction and maintenance of mass-scale smart systems like AMASII for various purposes are substantiated. Methods of radical, mathematical, information, language, neural network, and digital modeling, as well as system and ultra-system analysis and synthesis are used. Basic requirements for YARSPAS and AMASII are formulated and substantiated. A new type of neural network transformers is developed.

**Keywords:** digital platform, automated multi-agent system, natural and artificial intelligence, transformers, hybrid neural networks..

## References

- [1] M. Wooldridge, N. R. Jennings, “Intelligent agents: Theory and practice”, *The Knowledge Engineering Review*, **10**:2 (1995), 115–152. DOI: 10.1017/S0269888900008122.
- [2] J. Huang et al., “Foundation models and intelligent decision-making: Progress, challenges, and perspectives”, *The Innovation*, **6**:6 (2025), 100948. DOI: 10.1016/j.xinn.2025.100948.
- [3] W. Zhao et al, “A Survey on Computing Power Networks: Architecture, Resource Allocation, and AI Services Enablement”, *IEEE Transactions on Network Science and Engineering*, 2026.
- [4] S. Gupta, “AI agents collaboration under resource constraints: Practical implementations”, *International journal of artificial intelligence research and development*, **3**:1 (2025), 51–63. DOI: 10.34218/IJAIRD\_03\_01\_004.
- [5] Nguyen-Thi-Mai A. et al., “A Survey on Challenges and Emerging Frontiers of Multi-Agent Systems”, *SOICT 2025 (The 14th International Symposium on Information and Communication Technology)*, 2025.

- [6] I. P. Pavlov, *Lectures on the Work of the Large Hemispheres of the Brain. Complete Works, Vols. 1, 2, 5*, 1973.
- [7] V. I. Vernadsky, *The Biosphere and the Noosphere*, Nauka, Moscow, 1989.
- [8] A. V. Chechkin, *Mathematical Informatics*, Nauka, Moscow, 1991.
- [9] *Yandex 360*, <https://360.yandex.ru/>.
- [10] S. Russell, P. Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, 4th ed., Pearson, 2021.
- [11] A. V. Chechkin, “Thesis on the Existence of Artificial Intelligence”, *Intelligent Systems. Theory and Applications.*, **25**:1 (2021), 29–49.
- [12] A. V. Chechkin, “Cognitive Level of AI”, *Intelligent Systems. Theory and Applications.*, **26**:2 (2022), 5–24.
- [13] A. V. Chechkin, “Mathematical Foundations of Theoretical Informatics. Theory of Fuzzy Semantic Information About a Point of a Set. Semantics of Natural Language”, *Intelligent Systems. Theory and Applications.*, **29**:1 (2025), 5–16.
- [14] L. Floridi, J. Cowsls, M. Beltrametti, R. Chatila, P. Chazerand, V. Dignum, E. Vayena, “AI4People—An ethical framework for a good AI society: Opportunities, risks, principles, and recommendations”, *Minds and Machines*, **28**:4 (2018), 689–707. DOI: 10.1007/s11023-018-9482-5.
- [15] B. Shneiderman, “Human-centered artificial intelligence: Reliable, safe & trustworthy”, *International Journal of Human-Computer Interaction*, **36**:6 (2020), 495–504. DOI: 10.1080/10447318.2020.1741118.
- [16] F. Chen, S. Li, J. Han, F. Ren, Z. Yang, “Review of Lightweight Deep Convolutional Neural Networks”, *Archives of Computational Methods in Engineering*, **31**:4 (2024), 1915–1937. DOI: 10.1007/s11831-023-10032-z.
- [17] A. V. Chechkin, E. S. Pleshakova, S. T. Gataullin, “A Hybrid KAN-BiLSTM Transformer with Multi-Domain Dynamic Attention Model for Cybersecurity”, *Technologies*, **13**:6 (2025), 223. DOI: 10.3390/technologies13060223.
- [18] A. V. Chechkin, E. S. Pleshakova, S. T. Gataullin, “Multiagent System for Monitoring Digital Space Based on the Hybrid Neural Network Transformer KAN-BiLSTM”, *Certificate of State Registration of Computer Program No. 2025696035*, 2025.
- [19] A. V. Chechkin, E. S. Pleshakova, S. T. Gataullin, “Hybrid Neural Network Transformer Hyb-TKAN for Detecting and Classifying Destructive Content in Digital Space”, *Certificate of State Registration of Computer Program No. 2025697450*, 2025.