

УДК 004.81

Эмергентные тенденции в когнитивном моделировании: интеграция гибридных архитектур, адаптивных стратегий и мультиагентных систем

Панилов Павел Алексеевич^(*)

panilovp.a@bmstu.ru

SPIN-код: 4112-3750

Цибизова Татьяна Юрьевна

mumc@bmstu.ru

SPIN-код: 5945-1295

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

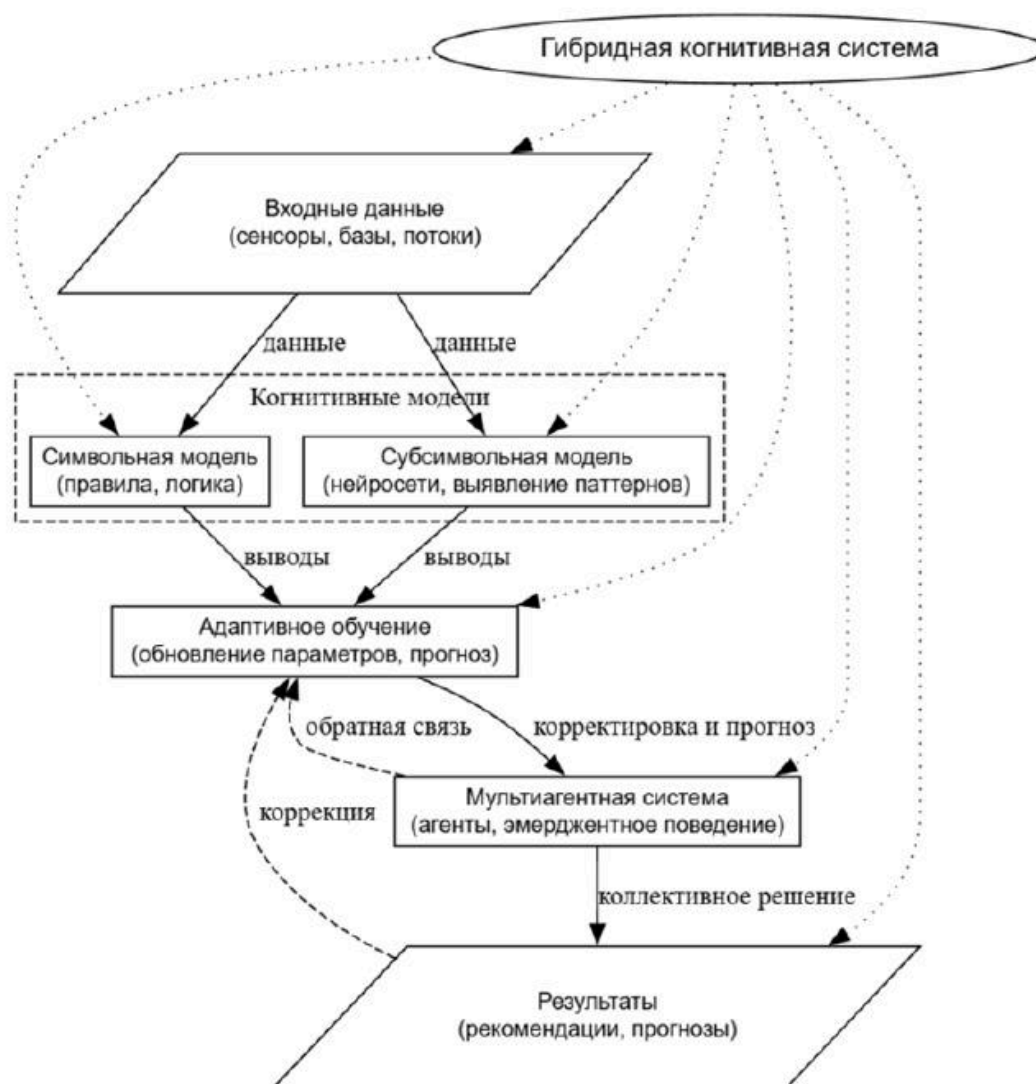
Аннотация. Современные исследования в области когнитивного моделирования демонстрируют тенденцию к интеграции гибридных архитектур, адаптивных стратегий и мультиагентных систем. Гибридные подходы сочетают символьные и субсимвольные методы, позволяя моделям одновременно выполнять логические рассуждения и выявлять скрытые паттерны в данных. Адаптивные алгоритмы обеспечивают корректировку поведения системы в реальном времени, а мультиагентные взаимодействия создают условия для эмерджентного коллективного поведения.

Ключевые слова: когнитивное моделирование, гибридные архитектуры, адаптивные стратегии, мультиагентные системы, эмерджентное поведение, искусственный интеллект

Введение. Современные исследования в области когнитивного моделирования направлены на создание систем, способных воспроизводить сложные формы человеческого мышления, поведения и принятия решений [1]. Традиционные когнитивные архитектуры, такие как SOAR и ACT-R, обеспечивают основу для символьного моделирования когнитивных процессов, однако ограничены в адаптации к динамическим и неопределенным средам [2]. Эмергентные тенденции проявляются в интеграции гибридных архитектур, где символьные модели сочетаются с нейросетевыми и субсимвольными компонентами, что позволяет моделям одновременно использовать правила, вероятностные рассуждения и обучение на основе данных. Адаптивные стратегии в когнитивных системах обеспечивают способность к саморегуляции и изменению поведения в зависимости от условий среды. Мультиагентные системы предоставляют возможность изучения коллективного поведения, эмерджентных паттернов и социальных взаимодействий между агентами, что расширяет возможности применения когнитивного моделирования в реальных сценариях, включая управление критической инфраструктурой, робототехнику и социальные симуляции [3, 4].

Методы и материалы; результаты. Для построения гибридных когнитивных систем используется сочетание символьных и субсимвольных моделей, адаптивных стратегий обучения и мультиагентного взаимодействия.

Общая структура системы включает несколько ключевых компонентов, обеспечивающих обработку данных, принятие решений и формирование эмерджентного поведения (см. рисунок).



Структура гибридной когнитивной системы и потоки данных

Входные данные — система получает информацию из сенсоров, баз данных и потоков информации, таких как интернет или социальные сети. Эти данные одновременно направляются в символьные и субсимвольные модели для параллельной обработки. Символьная модель выполняет логические рассуждения на основе правил и базы знаний, обеспечивая интерпретируемость решений. Субсимвольная модель включает в себя нейросети и алгоритмы выделения признаков, выявляет скрытые паттерны и сложные зависимости в данных, дополняя символьную модель. Результаты символьной и субсимвольной обработки поступают в блок адаптивного обучения. Он выполняет обновление параметров системы, прогнозирование событий и корректировку

внутренних когнитивных представлений в реальном времени. Адаптивный механизм также учитывает обратную связь от выходных результатов и поведения мультиагентной системы, обеспечивая саморегуляцию системы. Мультиагентная подсистема включает множество когнитивных агентов с локальными целями и доступом к частичной информации. Взаимодействие агентов формирует эмерджентное поведение и коллективное принятие решений. Результаты работы агентов влияют на адаптивный блок, создавая замкнутый цикл саморегуляции. Система генерирует рекомендации, прогнозы и решения, которые могут быть использованы для управления процессами, анализа социальных или технических систем и поддержки автономных решений. Обратные связи от выходов позволяют корректировать поведение системы и повышать ее устойчивость к изменениям среды.

Для реализации гибридной когнитивной системы используются среды и платформы, поддерживающие интеграцию символьных и нейросетевых моделей, а также мультиагентное взаимодействие. Примерами являются AnyLogic, NetLogo и RePast, которые позволяют экспериментально оценивать эмерджентное поведение и эффективность адаптивных стратегий. Эффективность системы оценивается по показателям адаптивности, скорости обучения, качества прогнозирования и устойчивости к изменениям среды. Эмерджентные свойства анализируются через метрики коллективного поведения агентов и динамики их взаимодействий.

Заключение. Предлагаемая структура гибридной когнитивной системы объединяет символьные и субсимвольные модели, адаптивное обучение и мультиагентное взаимодействие. Практическая реализация системы демонстрирует ее потенциал в задачах прогнозирования, автономного управления и моделирования сложных социальных процессов, открывая перспективы для дальнейших исследований и применения в интеллектуальных и автономных системах.

Список источников

- [1] Панилов П.А., Бритвин Р.М., Комардин М.А. Интеллектуальная среда моделирования когнитивных архитектур: принципы, структура и применение. *ИИАСУ'24 — Искусственный интеллект в автоматизированных системах управления и обработки данных. III Всерос. науч. конф.: сб. ст.* Москва, КДУ, 2025, с. 513–522.
- [2] Пшенокова И.А., Канкулов С.А., Аталиков Б.А., Энес А.З. Мультиагентная нейрокогнитивная модель системы управления согласованным поведением коллектива автономных агентов. *Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН*, 2024, № 326 (5), с. 138–146.
- [3] Маслобоев А.В. Обобщенная методология построения мультиагентных систем управления жизнеспособностью критических инфраструктур. *Надежность и качество сложных систем*, 2024, № 2 (46), с. 134–146.
- [4] Панилов П.А., Цибизова Т.Ю., Малахов Н.А. Когнитивное моделирование автономной системы управления беспилотным летательным аппаратом. *Динамика сложных систем — XXI век*, 2023, т. 17, № 4, с. 5–11.