

УДК 004.81

Когнитивное моделирование и теория систем: новые подходы к описанию адаптивности и самоорганизации

Панилов Павел Алексеевич^(*)

panilovp.a@bmstu.ru

Цибизова Татьяна Юрьевна

mumc@bmstu.ru

Комардин Максим Алексеевич

komardin.macsim@gmail.com

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Современное когнитивное моделирование в сочетании с теорией систем позволяет формализовать процессы адаптивности и самоорганизации сложных систем. Представлена когнитивно-системная модель, включающая информационный, когнитивный и функциональный уровни, описывающая взаимодействие структуры системы, когнитивных процессов и внешней среды.

Ключевые слова: когнитивное моделирование, теория систем, адаптивность, самоорганизация, эмерджентность, когнитивные архитектуры, графовые модели

Введение. Классическая теория систем ориентирована на описание структурной целостности и функциональной устойчивости, однако недостаточно учитывает когнитивные факторы, влияющие на динамику сложных адаптивных систем [1, 2]. Когнитивное моделирование расширяет этот подход, позволяя учитывать процессы восприятия, памяти, обучения и принятия решений [3, 4].

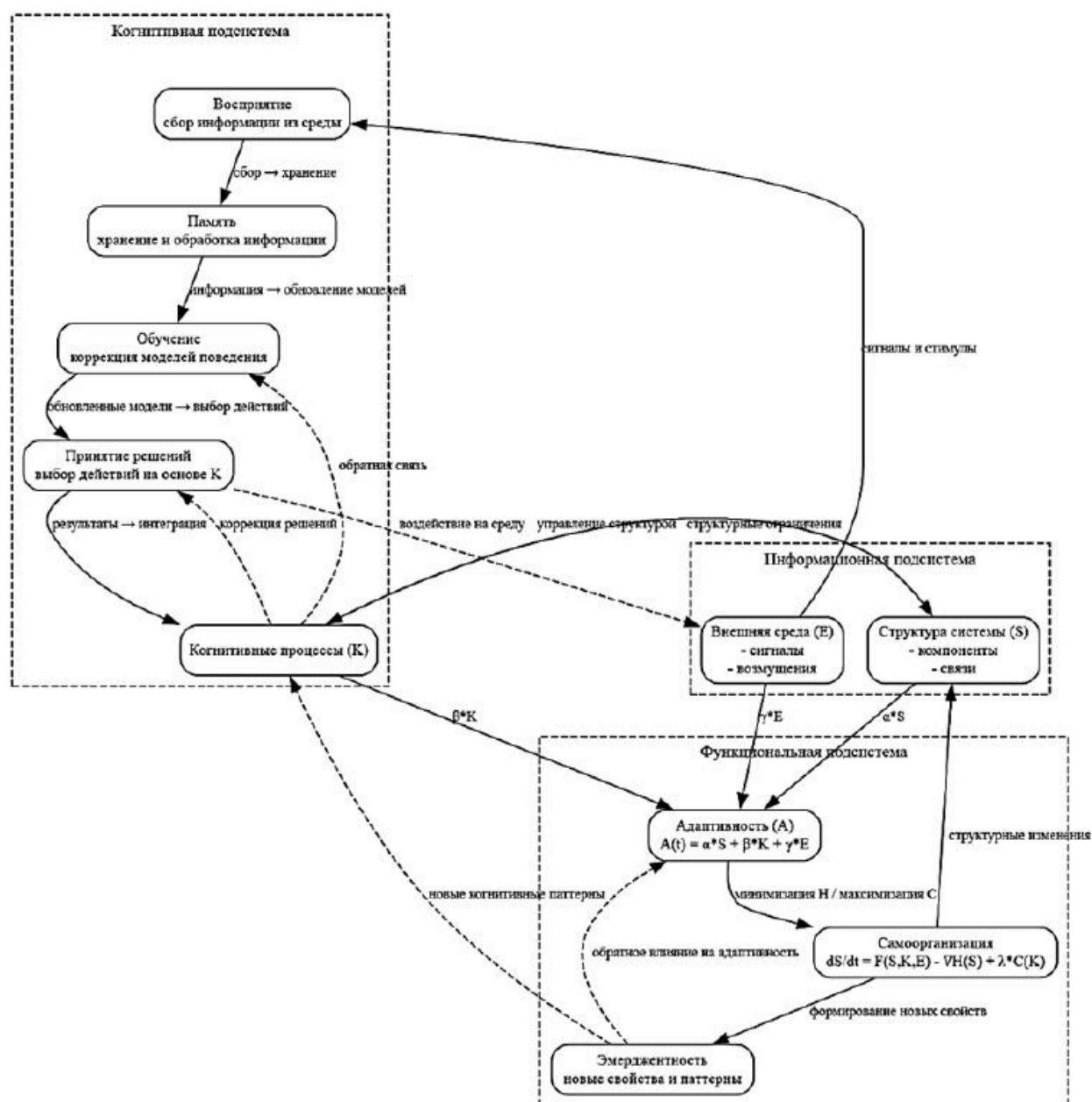
Методы и материалы; результаты. Для моделирования адаптивности и самоорганизации используется когнитивно-системная схема, включающая три уровня: информационный, когнитивный и функциональный (см. рисунок). Информационный уровень включает структуру системы (S) и внешнюю среду (E). Система содержит компоненты и связи, формирующие ее внутреннюю организацию. Внешняя среда обеспечивает поступление сигналов и воздействий, влияющих на состояние системы и когнитивные процессы. Когнитивный уровень состоит из восприятия, памяти, обучения и принятия решений, которые интегрированы в блок когнитивных процессов (K). Восприятие получает информацию из среды, память хранит и обрабатывает ее, обучение корректирует модели поведения на основе опыта, а принятие решений выбирает действия с учетом текущего состояния. Когнитивные процессы взаимодействуют между собой через обратные связи, обеспечивая адаптивное поведение системы. Функциональный уровень состоит из адаптивности (A), самоорганизации и эмерджентности. Адаптивность определяется взаимодействием структуры системы, когнитивных процессов и среды:

$$A(t) = \alpha S(t) + \beta K(t) + \gamma E(t).$$

Самоорганизация описывается динамическим уравнением

$$\frac{dS}{dt} = F(S, K, E) - \nabla H(S) + \lambda C(K),$$

где $S(t)$ — структура системы, $E(t)$ — внешние воздействия, $K(t)$ — когнитивные процессы, $H(S)$ — энтропия системы, $C(K)$ — когнитивная согласованность, $\alpha, \beta, \gamma, \lambda$ — коэффициенты влияния.



Когнитивно-системная модель адаптивности и самоорганизации

Эмерджентность возникает как результат взаимодействия всех компонентов, формируя новые паттерны поведения системы. Информационный уровень обеспечивает когнитивный вход: сигналы из среды и состояние

структуры системы поступают на когнитивный уровень. Когнитивный уровень, в свою очередь, формирует управление структурой системы и корректирует адаптивность. Функциональный уровень отражает результаты адаптации и самоорганизации через изменения структуры и возникновение новых эмерджентных свойств. Обратные связи между когнитивными процессами и структурой системы обеспечивают корректировку действий и обучение. Эмерджентные свойства, возникающие на функциональном уровне, воздействуют обратно на адаптивность и когнитивные процессы, создавая циклы саморегуляции.

Заключение. Предложенная модель позволяет учитывать, как структурные элементы, так и когнитивные процессы, формируя динамику, включающую обратные связи, обучение и эмерджентные паттерны. Такой подход предоставляет универсальный инструмент для исследования интеллектуальных, социотехнических и кибернетических систем, а также служит основой для прогнозирования их поведения и оптимизации процессов управления.

Список источников

- [1] Павленко Е.Н. Самоорганизующиеся адаптивные системы управления с искусственным интеллектом. *Известия Южного федерального университета. Технические науки*, 2013, № 2 (139), с. 153–161.
- [2] Панилов П.А., Комардин М.А., Бритвин Р.М. Архитектура среды моделирования когнитивных процессов. *Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ'2025). XIX Всерос. науч. конф. с междунар. уч.: материалы*. Челябинск, Издательский центр Южно-Уральского государственного университета, 2025, 326 с.
- [3] Власова А.С., Подлесный А.О. Когнитивные модели в информационных системах. *Интеллектуальный потенциал XXI века: ступени познания*, 2013, № 19, с. 88–91.
- [4] Панилов П.А., Цибизова Т.Ю. Когнитивное моделирование: эволюция методов и их влияние на понимание человеческого интеллекта. *Русский инженер. II Всерос. конгресса с междунар. уч.: сб. тез.* Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2024, с. 306–308.