

УДК 004.89

AMS MSC2020: 03B52

## Нечеткий когнитивный анализ и моделирование сложных систем и процессов<sup>1</sup>

Борисов В. В.

Филиал ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский  
университет «МЭИ» в г. Смоленске

Аннотация. Охарактеризованы проблемы исследования сложных систем, процессов и проблемных ситуаций и представлены подходы к использованию нечетких когнитивных моделей для их анализа и моделирования, заключающиеся: во-первых, в предварительном анализе систем, процессов и проблемных ситуаций, результаты которого применяются для более углубленного исследования; во-вторых, в замене/модернизации отдельных компонентов моделей для расширения возможностей и улучшения свойств базовых моделей; в-третьих, в построении композиционных гибридных нечетких моделей, в которых отдельные нечеткие модели выполняют различные задачи по достижению общей цели. Приведены примеры реализации указанных подходов при исследовании систем, процессов и проблемных ситуаций.

Ключевые слова: Сложные системы и процессы, нечеткая когнитивная модель, композиционная гибридная модель.

Проблемы исследования сложных систем и процессов, определяющие целесообразность использования для их разрешения нечетких когнитивных моделей и методов, заключаются в следующем:

- разнородность объектов и компонентов, многообразие и разнотипность связей и взаимозависимостей между ними, не поддающиеся точному и детализированному описанию; сложность формализованного представления и анализа системы/процессов/ситуаций в рамках единой модели;

---

<sup>1</sup>Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания №FSWF-2020-0019.

- неясность «границ» системы, проблемных ситуаций;
- сложность получения информации для построения «точных» моделей;
- доступность информации в виде экспертных данных, либо в эвристическом виде, либо ее недостаточность для задания аналитических зависимостей;
- оценка системных параметров с использованием различных шкал;
- сложность учета различных типов неопределенности.

В докладе рассмотрены следующие основные типы нечетких когнитивных моделей для исследования сложных систем и процессов:

- нечеткие когнитивные карты Б. Коско и их разновидности [10, 11];
- нечеткие когнитивные карты В. Силова [5];
- нечеткие продукционные когнитивные карты [8, 9];
- обобщенные продукционные нечеткие когнитивные модели [1];
- нечеткие реляционные когнитивные модели [1, 6];
- «совместимые» нечеткие когнитивные модели [7];
- нечеткие игровые и коалиционные когнитивные модели [2];
- нечетко-нейросетевые когнитивные темпоральные модели [3].

Особенностями рассмотренных нечетких когнитивных моделей, создающих основу для разрешения указанных выше проблем, являются:

- формализация и анализ проблемных ситуаций с обеспечением требуемого уровня достоверности анализа и моделирования;
- использование информации, измеряемой и оцениваемой с использованием различных шкал;

- учет непосредственного, опосредованного и агрегированного взаимовлияния системных и внешних факторов;
- нечеткая грануляция значений системных параметров, внешних факторов, целевых функций и ограничений;
- представление взаимозависимостей между объектами и компонентами в виде нечетких отношений взаимовлияния и единый подход к анализу с использованием методов нечеткой каузальной алгебры;
- наглядность и интерпретация процесса и результатов моделирования;
- учет различных типов неопределенности в рамках единой модели.

Вместе с тем, существующие методы и модели нечеткого когнитивного моделирования, как правило, ограничиваются предварительным анализом систем, процессов и проблемных ситуаций, а именно: анализом отношений взаимовлияния системных и внешних факторов; оценкой системных характеристик; анализом устойчивости; прогноз-ной оценкой состояния; моделированием динамики [1].

В настоящее время предпринимаются усилия по приданию методам нечеткого когнитивного моделирования дополнительных возможностей за счет их интеграции с другими методами и моделями [4].

В докладе рассмотрены три подхода, ориентированные на расширение возможностей нечеткого когнитивного анализа и моделирование систем, процессов и проблемных ситуаций.

Первый подход заключается в использовании нечетких когнитивных моделей для предварительного анализа, результаты которого используются для последующего, более углубленного исследования систем, процессов и проблемных ситуаций.

Второй подход заключается в гибридизации моделей за счет замены или усовершенствования отдельных их компонентов компонентами других моделей для расширения возможностей и улучшения свойств.

Третий подход базируется на построении композиционных гибридных моделей, в которых отдельные нечеткие модели выполняют различные задачи по достижению общей цели. Приведены примеры

реализации указанных подходов при исследовании систем, процессов и проблемных ситуаций.

Рассмотрены примеры реализации описанных подходов для анализа и моделирования систем, процессов проблемных ситуаций.

## Список литературы

- [1] *Борисов, В. В.* Нечеткие модели и сети. 2-е изд. стереотип / В. В. Борисов, В. В. Круглов, А. С. Федулов. — М. : «Горячая линия — Телеком», 2018. — 284 с.
- [2] *Борисов, В. В.* Анализ взаимодействий в сложных системах на основе нечетких когнитивных и игровых моделей / В. В. Борисов, Е. С. Устиненков // Нейрокомпьютеры: разработка и применение. — 2009. — № 8. — С. 4–12.
- [3] *Борисов, В. В.* Метод многомерного анализа и прогнозирования состояния сложных систем и процессов на основе нечетких когнитивных темпоральных моделей / В. В. Борисов, В. С. Луферов. // Системы управления, связи и безопасности. — 2020. — № 2. — С. 1–23.
- [4] *Борисов, В. В.* Систематизация нечетких и гибридных нечетких моделей // Мягкие измерения и вычисления. — 2020. — Т. 29, № 4. — С. 98–120.
- [5] *Сылов, В. Б.* Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке. — М. : ИНПРО-РЕС, 1995. — 228 с.
- [6] *Федулов, А. С.* Анализ нечетких реляционных когнитивных карт / А. С. Федулов, В. В. Борисов. // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. — 2016. — № 7. — С. 7–14.
- [7] *Borisov, V.* «Compatible» Fuzzy Cognitive Maps for Direct and Inverse Inference / V. Borisov, A. Fedulov, Ya. Fedulov // Proceedings of the 18th International Conference on Computer Systems and Technologies CompSysTech'17. — New York, N. Y. : ACM, 2017. — P. 20–27.
- [8] *Carvalho, J. P.* Rule Based Fuzzy Cognitive Maps — Qualitative Systems Dynamics / J. P. Carvalho, J. A. B. Tomé // PeachFuzz 2000. 19th International Conference of the North American Fuzzy

- Information Processing Society — NAFIPS (Cat. No.00TH8500). — Manhattan, N. Y. : IEEE, 2000. — P. 407–411.
- [9] *Carvalho, J. P.* Rule Based Fuzzy Cognitive Maps in Socio-Economic Systems / J. P. Carvalho, J. A. B. Tomé // IFSA/EUSFLAT Conf. — 2009. — P. 1821–1826.
- [10] *Kosko, B.* Fuzzy cognitive maps // International Journal of Man-Machine Studies. — 1986. — Vol. 24. — P. 65–75.
- [11] *Thulukkanam, K.* Two New Fuzzy Models Using Fuzzy Cognitive Maps Model and Kosko Hamming Distance / K. Thulukkanam, R. Vasuki // Ultra Scientist. — 2015. — Vol. 27, № 1B. — P. 43–55.

### Библиографическая ссылка

*Борисов, В. В.* Нечеткий когнитивный анализ и моделирование сложных систем и процессов // Всероссийская научная конференция «Математические основы информатики и информационно-коммуникационных систем». Сборник трудов. — Тверь : ТвГУ, 2021. — С. 20–24.

<https://doi.org/10.26456/mfcsics-21-2>

### Сведения об авторах

#### Вадим Владимирович Борисов

Филиал ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске. Профессор кафедры вычислительной техники, руководитель лаборатории интеллектуальных систем и высокопроизводительных вычислений

214003, г. Смоленск, Энергетический проезд, д. 1

E-mail: [vbor67@mail.ru](mailto:vbor67@mail.ru)