

VI. Методы моделирования и принятия решений при управлении безопасностью сложных систем

DOI: 10.25728/iccss.2022.80.65.047

Горелова Г.В., Мельник Э.В.

Композиция когнитивного, нейросетевого и агентного моделирования для интеллектуальных систем производственных объектов

Аннотация: В работе предложена идея композиции методов когнитивного, нейросетевого и агентного моделирования для использования в базе знаний интеллектуальных систем поддержки принятия решений производственных объектов. Дана общая постановка задачи, приведена схема взаимодействия нейросети и когнитивной карты, представлен один из разработанных алгоритмов, приведен иллюстрационный пример, поясняющий взаимосвязанную работу когнитивной и нейросетевой модели. Проведенные исследования находятся в пространстве работ «умного производства», интеллектуальных производственных систем, систем искусственного интеллекта в промышленности.

Ключевые слова: производственный объект, интеллектуальная система, имитационное когнитивное, нейросетевое, агентное моделирование, композиция

В настоящее время масштабы и содержание современного производства значительно отличаются по сравнению с началом промышленной революции. От современного производства требуется не только количество или качество, но и сохранение ресурсов, устойчивость и безопасность технологических процессов. Если традиционная производственная система работает на основе имеющихся знаний и опыта операторов, то настоящие условия

требуют от тех, кто вовлечен в производственный процесс, извлекать уроки из прошлых производственных данных и данных влияния окружающей среды, понимать и справляться с неопределенностями и сложностями в процессах, прогнозировать, находить лучшие альтернативы и стратегии устойчивого развития производства. На этом основаны интеллектуальные производственные системы (IMS), призванные объединять возможности людей, машин и процессов для достижения наилучшего возможного результата производства.

При разработке IMS необходимо учитывать множество факторов и многостадийность (многоэтапность) процессов, что представлено рисунке 1.

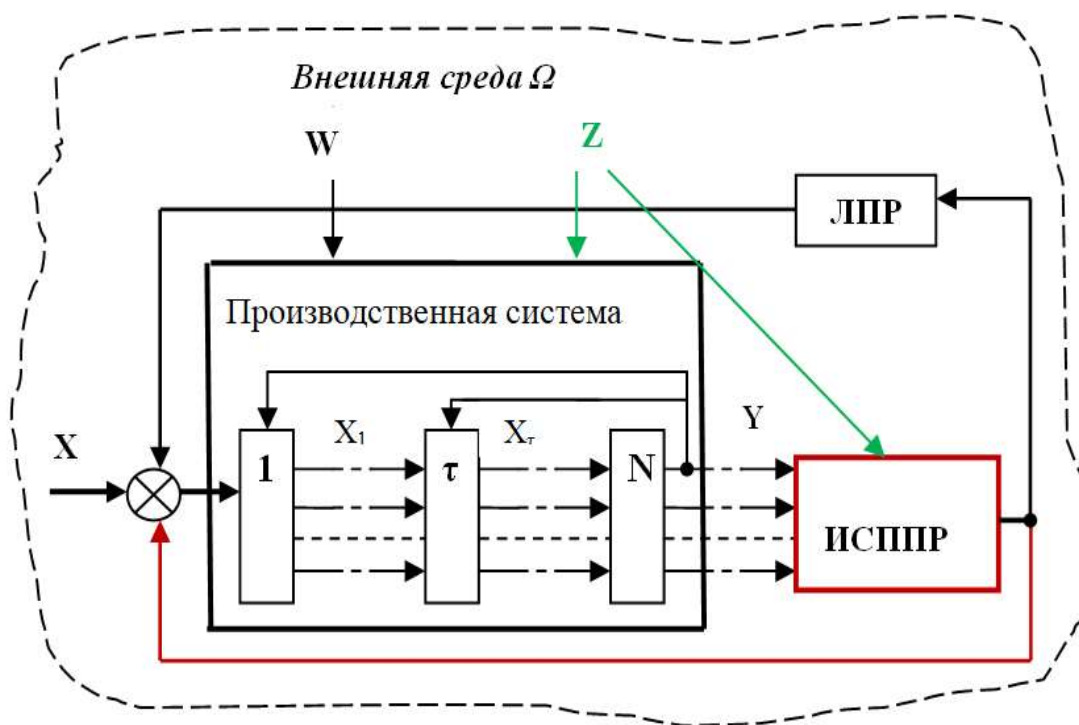


Рисунок 1 – Схема взаимодействия производственной системы, ИСППР и ЛПР

На рисунке 1:

$X = \{x_i\}$, $i=1, 2, \dots, k$ – множество входных, управляющих воздействий, автономно задаваемых СППР или ЛПР, или во взаимодействии с ЛПР; $Z = \{z_h\}$, $h=1, 2, \dots, H$ – множество контролируемых, но неуправляемых возмущающих воздействий внешней и внутренней среды; $Y = \{y_u\}$, $u=1, 2, \dots, U$ – множество оптимизируемых выходных показателей; $\tau=1, 2, \dots, N$ – стадии

производства, производственные участки, отдельные агрегаты и др. ИСППР – интеллектуальная система поддержки принятия решений.

На рисунке 2 представлена схема взаимодействия модулей когнитивного, нейросетевого, агентного моделирования для базы знаний ИСППР.

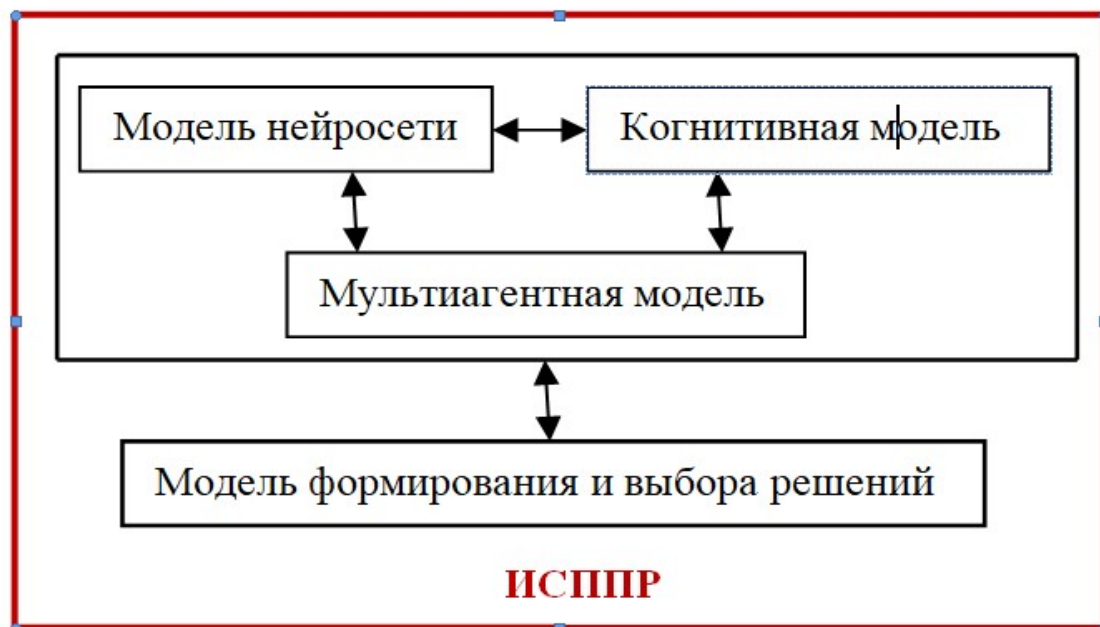


Рисунок 2 – Схема взаимодействия моделей

Разработка базовой когнитивной модели [1, 2, 6] производственной системы (структуры в виде графа) основывается на теоретических знаниях, знаниях экспертов, численных данных производства, агентном моделировании взаимодействия различных агентов (операторов, машин, и др.). Предложено использовать данные нейросетевого моделирования [3] для формирования той части базовой когнитивные модели, для которой возможно получение численных данных. При изменениях параметров внутренней и внешней среды когнитивная модель служит инструментом обучения нейросети. Эти процессы могут многократно повторяться (рисунок 3).



Рисунок 3 – Схема имитационного моделирования

На рисунке 4 изображена схема общего алгоритма имитационного моделирования.

Алгоритм №1. Когнитивное моделирование, корректировка базовой когнитивной модели G_B

1. Анализ тенденций развития ситуаций на когнитивной модели по результатам первой серии импульсного моделирования.

1.1. Введение возмущений в вершины, соответствующие сигналам изменения данных (X, Y, Z) [5].

1.2. Задание такта моделирования $t < 15$, на котором происходит определение $y_j \in [y_j \text{ доп}]$

1.3. Определение вершин $V_i, i = 1, 2, \dots?$ в которых нарушается условие $y_j \in [y_j \text{ доп}]$ (рисунок 5) и в которых необходимо улучшать процесс. Ситуация отмечается как «плохая» (bad) - $V_i \text{ bad}, i = 1, 2, \dots, k$.

2. Определение симплексов $[1, 4, 5] \sigma_p^{\text{bad}}$ вершин - $V_i \text{ bad}, i = 1, 2, \dots, k$
Из набора $G = \{G_{\text{прост}}\}$ простых структур когнитивных карт, последовательно берутся варианты $G^i_{\text{прост}} = \{V, E\}$, начиная с когнитивных карт с меньшим числом вершин, $k \leq 5$,

$$G^i_{\text{прост } k} \in G^i_{\text{прост}}, k=1, 2, \dots, 5.$$

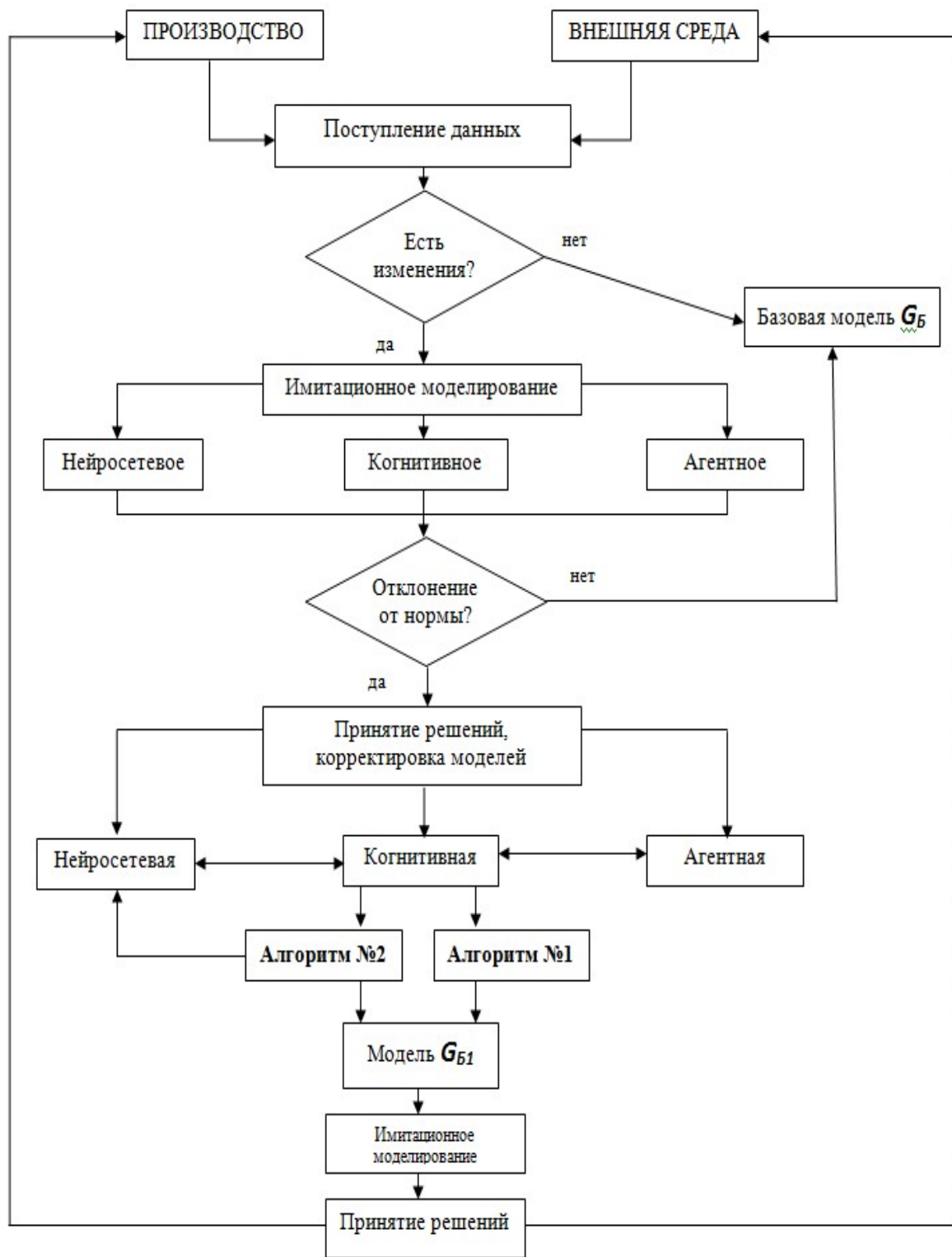


Рисунок 4 –Схема общего алгоритма

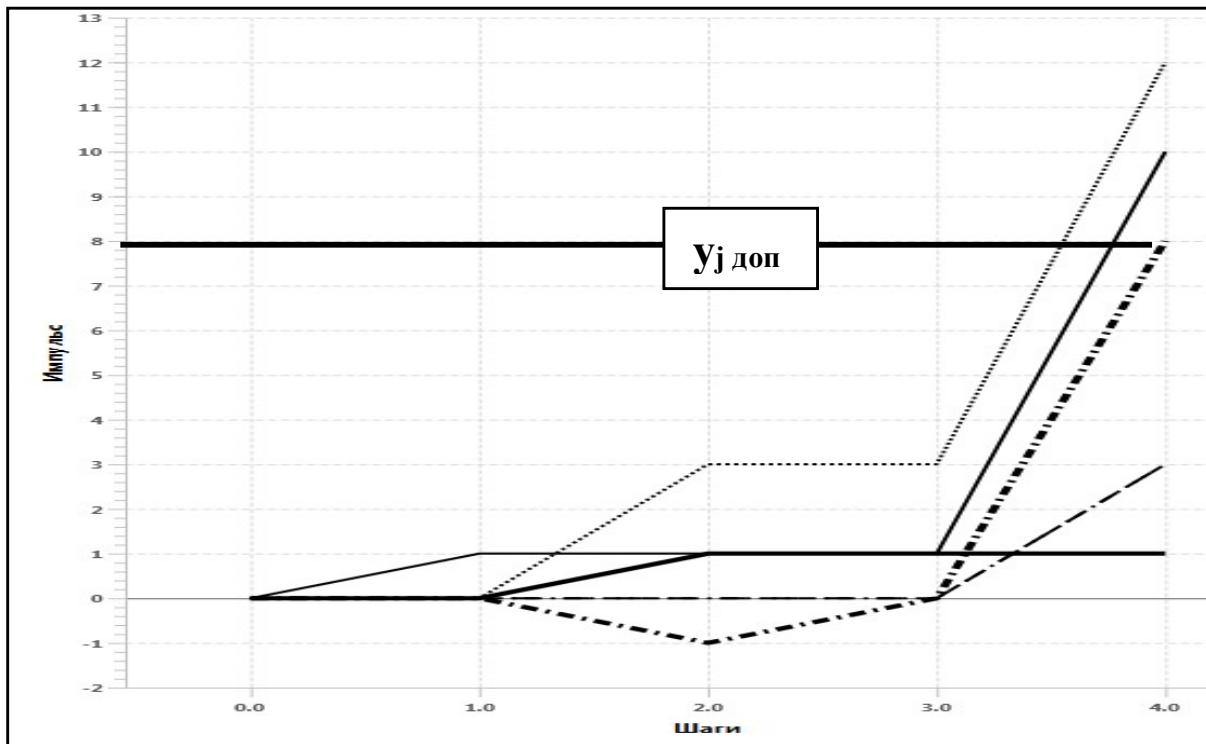


Рисунок 5 – Пример импульсных процессов на G_B

3. Определяется композиция выбранной простой структуры.

3.1. $G^i_{\text{прост } k}$ с базовой когнитивной картой G_B , $G_{B1} = G_B \circ G^i_{\text{прост } k}$

3.2. Если только одна вершина $V_{i \text{ bad}}$ из $G^i_{\text{прост } k}$ интерпретирована в терминах базовой когнитивной модели, то объединение графов происходит по одной этой вершине, остальные вершины являются «новыми».

Если несколько вершин $V_{i \text{ bad}}$ из $G^i_{\text{прост } k}$ и отношения их (дуги) интерпретированы в терминах базовой когнитивной модели G_B , то объединение графов происходит по вершинам и дугам, оставшиеся вершины и дуги являются «новыми».

4. Если появляется необходимость в «новых» вершинах и дугах, то переход к нейросетевому и агентному моделированию, разработка новой базовой когнитивной модели G_{B1} .

5. Проверка структурных свойств и устойчивости новой когнитивной модели. Если свойства удовлетворяют требованиям к качеству когнитивной модели, то переход к п.7.

6. Проведение второй серии импульсного моделирования на G_{B1} в случае 4.1 и 4.2; проверка условия $y_j \in [y_j \text{ доп}]$.

7. Если выбранная $G^i_{\text{прост } k}$ может быть полностью интерпретирована, как подграф G_B , то улучшение процесса искать

путем изменения величины воздействий (начальных импульсов) или упреждением (внесение воздействий на предшествующих тактах моделирования) на проблемную вершину или на все вершины симплекса (простой структуры?)

Повтор действий для всех проблемных вершин $V_i \text{ bad}$.

Алгоритм №2. Нейросетевое моделирование для корректировки базовой когнитивной модели G_B

1. Определение вершин $V_i, i = 1, 2, \dots, k$ когнитивной карты, в которых нарушается условие $y_j \in [y_j \text{ доп}]$ и в которых необходимо улучшить процесс. Ситуация отмечается как «плохая» (bad) - $V_i \text{ bad}, i = 1, 2, \dots, k$.

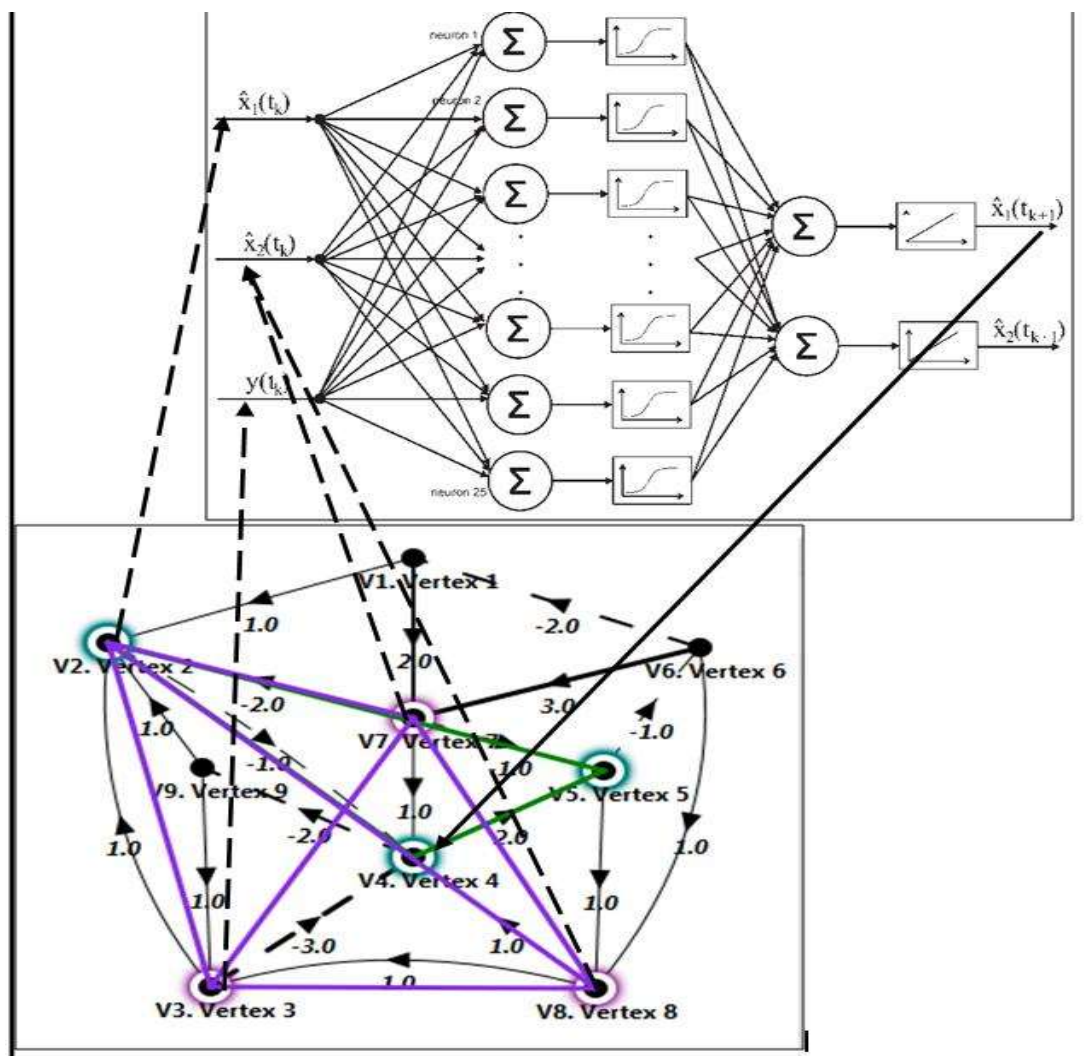


Рисунок 6 – Пример выделение симплекса вершины V_4 и воздействие вершин симплекса на входы нейросети

2. Определение симплексов σ_p^{ibad} вершин - V_i^{bad} , $i=1,2,\dots,k$ [4] (рисунок 6)

3. Выделение симплекса «плохой» выходной вершины $\sigma_{p=3}^{10bad}$, определение вершин, образующих симплекс (V_1, V_4, V_6, V_9).

4. Введение измененных данных (численных значений параметров X, Y, Z) в вершины графовой нейросети, соответствующие образующим симплекс вершинам, определение новых численных данных, характеризующих вершины V_1, V_4, V_6, V_9 и отношения между ними для когнитивной карты G_B , получение новой когнитивной карты G_{BI}

Переход к алгоритму №1

Заключение

В статье приведены только основные моменты композиции трех методов имитационного моделирования сложных производственных систем и процессов, которые отлаживаются на примерах газонефтедобычи и переработки.

Литература:

1. Galina V. Gorelova. Cognitive Modeling of Complex Systems: State and Prospects / System Analysis in Engineering and Control. Lecture Notes in Networks and Systems. – Volume 442. – Springer Nature Switzerland AG 2022. – P. 212-224. DOI: 10.1007/978-3-030-98832-6_19

2. Горелова Г.В., Мельник Э.В., Коровин Я.С. Проектирование интеллектуальных распределенных информационно-управляющих систем / Труды Междунной научно-технической мультikonференции «Актуальные проблемы информационно-компьютерных технологий, мехатроники и робототехники. Многопроцессорные вычислительные и управляющие системы». – Таганрог: Изд. ТТИ ЮФУ, 2009. – Т. 2. – С. 28-31.

3. Луценко Е.В. Системная теория информации и нелокальные интерпретируемые нейронные сети прямого счета // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2003. – № 1. – С. 76-88. – URL: <http://ej.kubagro.ru/2003/01/11/p11.asp> (дата обращения 20.10.2022).

4. *Atkin R. H.* Combinatorial Connectivities in Social Systems. An Application of Simplicial Complex Structures to the Study of Large Organisations. – Birkhäuser Basel, 1977. – 245 p.

5. Program for cognitive modeling and analysis of socio-economic systems at the regional level. Certificate of state registration of computer programs № 2018661506 dated 09/07/2018.

6. *Gorelova G., Melnik E., Safronenkova I.* The Problem Statement of Cognitive Modeling in Social Robotic Systems / *Ronzhin A., Rigoll G., Meshcheryakov R.* (eds). Interactive Collaborative Robotics. ICR 2021. Lecture Notes in Computer Science. – Vol 12998. – Springer, 2021. DOI:10.1007/978-3-030-87725-5_6

DOI: 10.25728/iccss.2022.17.54.048

Мельник Д.М.

Моделирование авиационных происшествий на основе анализа нечеткого множества данных и событий эксплуатантов воздушных судов

Аннотация: В данной работе предложен новый метод обеспечения безопасности полетов на основе риск-ориентированного подхода, что в отличие от современных методов оценки эффективности обеспечения безопасности полетов, основанных на усредненных оценках большого множества показателей, позволяет определять приемлемый уровень риска сложной производственной системы эксплуатантов воздушного транспорта. Рассматриваемый метод основан на применении теории нечетких множеств, что в условиях сложной интегрированной производственной системы дает достоверные оценки состояния безопасности полетов и позволяет смоделировать сценарий возможной катастрофы для своевременной разработки корректирующих мероприятий по предотвращению авиационных происшествий таких как катастрофа, авария, чрезвычайное происшествие.

Ключевые слова: моделирование, безопасность, уравнение, катастрофа, эксплуатант, риск