

**УДК 656.212.5; 65.011.56; 004.8**

**Косолапов А.А., Лоскутов Д.В., Лобода Д.Г.**

**ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ  
СОРТИРОВОЧНОЙ СТАНЦИИ)**

*Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта  
им. академика В. Лазаряна, Днепр, Лазаряна 2, 49010*

**Kosolapov A.A., Loskutov D.V., Loboda D.G.**

**APPROACH TO DESIGN OF INTELLECTUAL CONTROL SYSTEMS (ON  
EXAMPLE OF THE AUTOMATED MARSHALLING YARD)**

*Dnipropetrovsk National University of Railway Transport  
named after Academician V. Lazaryan, Dnepr, Lazaryana 2, 49010,*

*Аннотация. В работе рассматривается новый подход к созданию интеллектуальных систем управления на основе агентно-семиотического моделирования и онтологических баз знаний (на примере автоматизации сортировочных станций). Предложены математические модели описания автоматизируемых процессов и систем, принципы построения гибридных имитационных моделей и их взаимодействия с интеллектуальным банком онтологических баз знаний.*

*Ключевые слова: интеллектуальные системы управления, сортировочные станции, агентно-семиотическое моделирование, интеллектуальный банк онтологий.*

*Abstract. In paper is examined new approach to design of the intellectual control systems on the basis of agents-semiotics modeling and ontological bases of knowledges (on the example of automation of marshalling yards). The mathematical models of the automated processes and systems descriptions, principles of*

*construction of simulations hybrid models and their co-operating with the intellectual bank of ontological bases of knowledges are considered.*

*Key words: Intelligent control systems, marshalling yards, agent-semiotic modeling, intellectual bank of ontologies.*

### **Вступление.**

Современный этап развития информационных систем характеризуется переходом в область интеллектуальных систем, которые характеризуются следующими особенностями: - работа со *слабоструктурированными, неформализуемыми данными*, которые составляют до 80% всех знаний человечества; - *территориально и функционально распределённые ресурсы* с сетцентрической моделью хранения *больших объёмов данных*; - работа в режиме реального масштаба времени с жёсткими ограничениями на время принятия решений; - *интеграция систем на основе ВЕБ-технологий* с достижением нового качества за счёт синергии; - создаваемые системы переходят в *класс больших, сложных систем*, в которых (по Гельфанду-Цетлину [3]) существенным параметром, влияющим на их эффективность, является структура системы; - современные системы являются *мультиструктурными* образованиями (см. рис.1); - отмеченные особенности систем порождают проблемы неполноты данных и неопределённости в процессе принятия решений, что привело к появлению понятия "серый анализ" и "серые системы", описываемые численными и лингвистическими переменными; - реализация интеллектуального интерфейса и работа в "серых" условиях требуют организации баз знаний и построения "гибридных систем искусственного интеллекта" с применением взаимосвязанных моделей нечётких множеств, генетических алгоритмов и нейронных сетей [4; 5; 7; 9; 10; 11; 12].

Проектирование и развитие существующих систем сдерживается проблемой описания их видов обеспечения в условиях проклятия размерности [6]. Это особенно важно в процессе системного проектирования, что возвращает нас к основам семиотики, которая в последнее время получила

развитие в новых методических подходах к созданию интеллектуальных систем [1; 13; 14]. В данной работе представлена архитектура агентно-семиотического подхода на основе онтологической базы знаний к созданию систем искусственного интеллекта.

### Основной текст.

Интеллектуальную систему управления будем описывать в виде девятки множеств

$$SM = \langle A, R_c, R_s, R_p, K_c, K_{cs}, K_{csp}, R_v, K_{cspv} \rangle \quad (1)$$

где

$$A = \{z_i\}_{i=1, N} \quad (2)$$

множество базовых атомарных символов (знаков, термов, агентов), используемых для построения синтаксических конструкций (3);

$$z_i = (\bar{a}_i; \tilde{a}_i) \quad (3)$$

комплексный атомарный агент, состоящий из статической  $\bar{a}_i$  и динамической  $\tilde{a}_i$  частей;

$$(\forall i \in cj)(\bar{a}_i) \xrightarrow{R_c} K_{cj} \quad (4)$$

множество синтаксически правильных конструкций  $K_{cj}$ , построенных из статических атомарных символов с помощью множества правил синтактики  $R_c$ ;

$$(\forall i \in cj)(K_{cj}, \tilde{a}_i) \xrightarrow{R_s} K_{csm} \quad (5)$$

множество семантически правильных конструкций  $K_{cspm}$ , полученных из синтаксически правильных конструкций  $K_{cj}$  и динамической составляющей атомарных агентов  $\tilde{a}_i$  с помощью множества правил семантики  $R_s$ ;

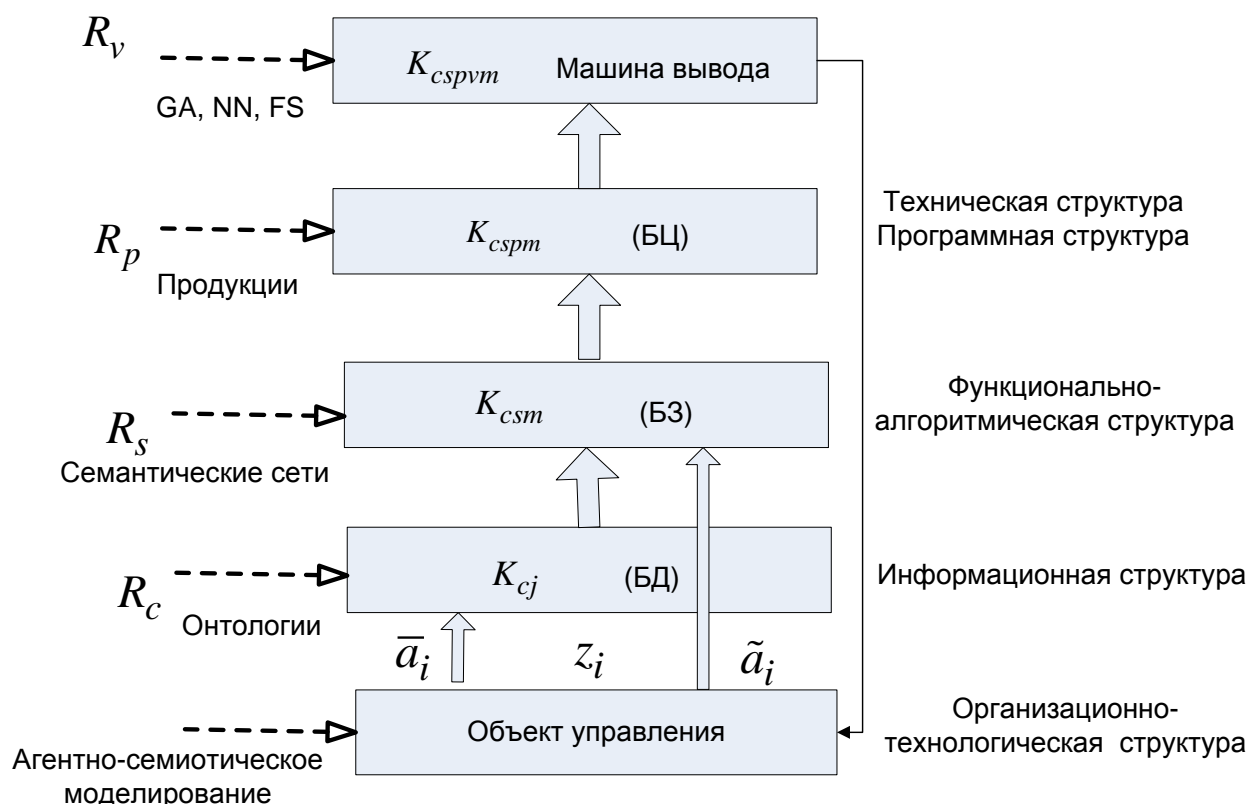
$$(\forall m) K_{csm} \xrightarrow{R_p} K_{cspm} \quad (6)$$

множество прагматически правильных конструкций  $K_{cspm}$ , построенных из семантически правильных конструкций  $K_{csm}$  с помощью множества правил прагматики  $R_p$ ;

$$(\forall m) K_{cspm} \xrightarrow{R_v} K_{cspvm} \quad (7)$$

множество новых, выводимых правильных конструкций  $K_{cspvm}$  с помощью набора правил вывода  $R_v$ .

Предложенное агентно-семиотическое описание любой системы позволяет описать её мультиструктурную схему и определить все виды структур и их ресурсное обеспечение в соответствии с принятым в [6] понятием архитектуры информационной системы (рис. 1).

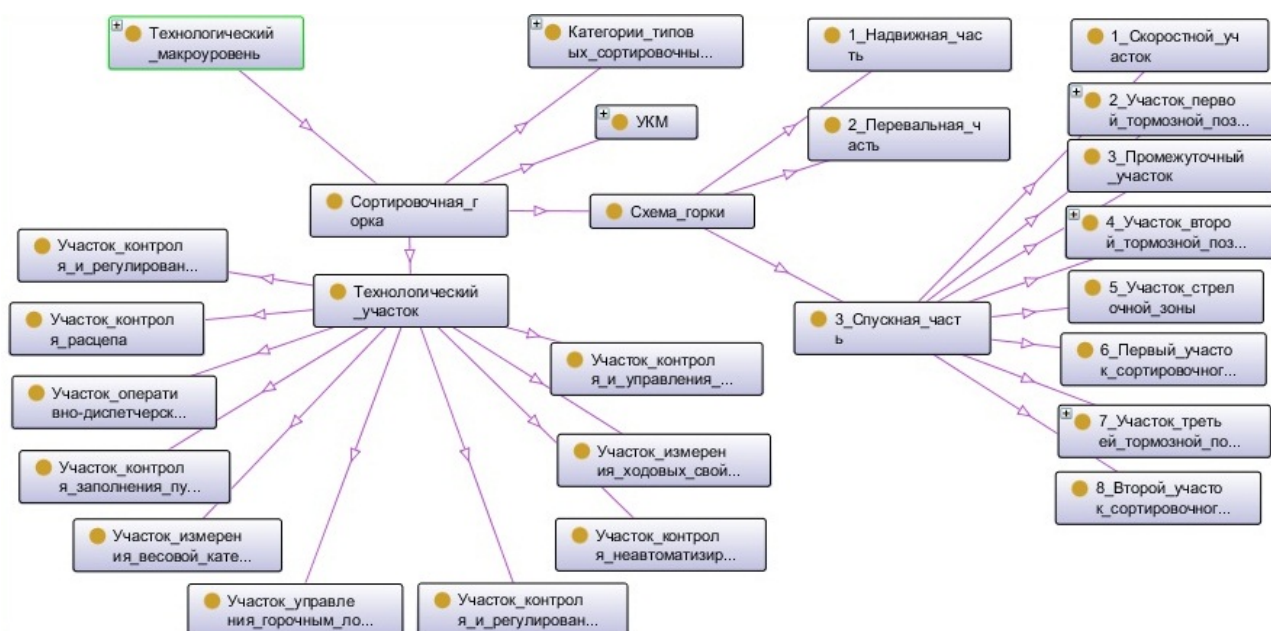


**Рис. 1 - Мультиструктура интеллектуального управления**

Предложенная схема опирается на интеллектуальный банк данных, включающий иерархию баз знаний: базу фактов, или данных (БД), базу знаний или правил (БЗ) и базу целей (БЦ), которые в семиотике соответствуют синтактике, семантике и прагматике. Банк знаний реализуется на основе онтологий - эксплицитных спецификациях концептуализации [2].

На нижнем уровне структуры располагается онтологическая база знаний, которая описывает технологический макроуровень сортировочной станции.

На рис. 2 изображена одна из составляющих макроуровня - сортировочная горка. В свою очередь «Сортировочная горка» имеет такие структурные элементы как «Надвижная часть», «Перевальная часть», «Спускная часть» (элементы класса «Схема горки»). В состав спускной части входит: «Скоростной участок», «Участок первой тормозной позиции», «Промежуточный участок», «Участок второй тормозной позиции», «Участок стрелочной зоны», «Первый участок сортировочного пути», «Участок третьей тормозной позиции», «Второй участок сортировочного пути».



**Рис. 2 - Обобщенная онтологическая модель сортировочной горки**

Другим важнейшим компонентом базы знаний является класс «Технологический участок», описывающий различные типы технологических участков характерных сортировочной горке. К ним относятся: «Участок управления горочным локомотивом», «Участок контроля расцепа», «Участок контроля и управления автоматизированным стрелочным переводом», «Участок контроля неавтоматизированного стрелочного перевода», «Участок измерения весовой категории отцепа», «Участок измерения ходовых свойств отцепа», «Участок контроля и регулирования скорости движения отцепа на

интервальной тормозной позиции», «Участок контроля и регулирования скорости движения отцепа на прицельной тормозной позиции», «Участок контроля заполнения пути сортировочного парка», «Участок оперативно-диспетчерского оборудования». Также на таксономии концептов присутствует класс «УКМ», описывающий устройства комплексной механизации горки.

Важным преимуществом онтологии является тот факт, что все ее элементы могут быть детализированы. Таким образом, можно укрупнить структуру сортировочной горки вплоть до конкретного технологического участка. Например, на рис.3 показана схема участка управления горочным локомотивом.

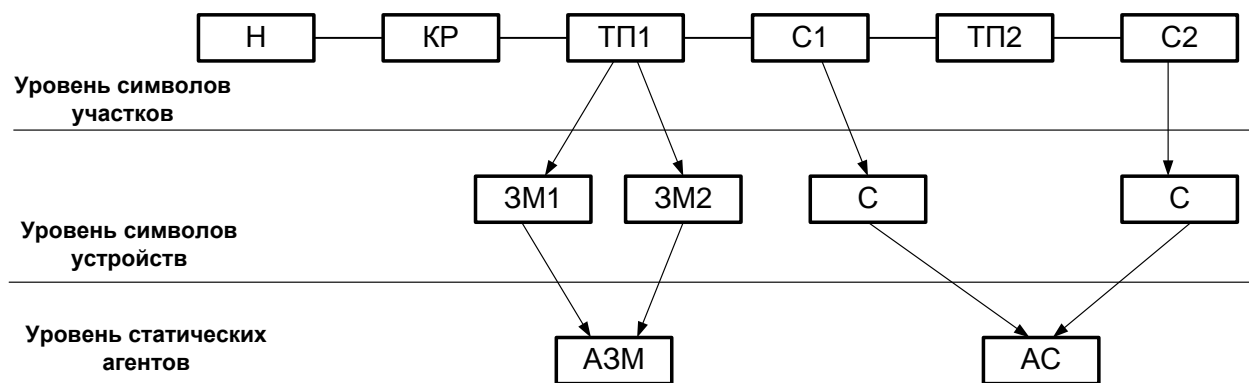


**Рис. 3 - Участок управления горочным локомотивом**

Детализация описываемых в онтологической базе знаний элементов может иметь огромные масштабы, но при этом соблюдается принцип иерархичности и систематизации информации. Составляющие структурных частей и технологических участков сортировочной горки имеют различные характеристики и свойства. Они могут быть количественно и качественно описаны с помощью разнообразных программных средств для работы с онтологиями. Например, можно задать точное количество технологических

участков каждого типа, или полностью описать технико-эксплуатационные характеристики сортировочной горки.

На нижнем уровне системы (рис. 1) используется агентно-семиотическое моделирование с целью формирования набора базовых агентов (2), (3). Основу моделирования составляет гибридное дискретно-событийное и агентное имитационное моделирование [8]. Фрагмент описания сортировочной горки на грузовой станции с помощью статических агентов приведен на рис. 4.



**Рис. 4 - Фрагмент символьного описания сортировочной горки**

Предложенный агентно-семиотический подход опирается на разработанные на кафедре ЭВМ Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта (ДНУЖТ) под руководством профессора Косолапова А.А. методику и автоматизированный комплекс системного интегратора - КСИ [5].

### **Заключение и выводы.**

Были рассмотрены особенности современного этапа перехода к системам интеллектуального управления и предложен способ их описания в виде девятки множеств  $SM = \langle A, R_c, R_s, R_p, K_c, K_{cs}, K_{csp}, R_v, K_{cspv} \rangle$ . На базе этой модели построена мультиструктура интеллектуального управления, которая основывается на интеллектуальном банке знаний. На нижнем уровне используются онтологии для описания организационно-технологических структур объектов управления и их элементов как агентов, состоящих из статической и динамической части. Для формирования вариантов структур

предлагается использовать гибридное агентно-семиотическое и дискретно-событийное моделирование.

#### Литература:

1. Инжиниринг предприятий и управление знаниями (ИП&УЗ-2016) // Сборник научных трудов XIX научно-практической конференции. 26-27 апреля 2016 г. / под науч. ред. Ю. Ф. Тельнова - 420 с. 2016.
2. Kosolapov A., Pshinko U.O. Ontological models in automation marshalling yards // Искусственный интеллект. 2013. № 4(62). — С. 344-352.
3. Гельфанд И.М. О некоторых способах управления сложными системами [Текст] / И. М. Гельфанд, М.Л. Цетлин // Успехи математических наук. 1962. Т. 17. № 1 (103). — С. 3-25.
4. Косолапов А.А. Информатизация общества: философско-антропологические проблемы [Текст] / А.А. Косолапов // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. 2015. Т. 4. № 58. — С. 213-223.
5. Косолапов А.А. Комплексный подход к анализу и проектированию систем автоматизации сортировочных станций [Текст] / А.А. Косолапов // // Збірка матеріалів VIII Міжнародної науково-практичної конференції "Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2016)". ХДМА, Херсон. 2016. — С. 235-239.
6. Косолапов А.А. Резервы архитектуры автоматизированной системы управления грузовыми перевозками Украинских железных дорог [Текст] / А. А. Косолапов, И. В. Жуковичский // Залізничний транспорт України. 2013. № 1. — С. 10-13.
7. Косолапов А.А. Эпоха интеллектуальных транспортных систем [Текст] / А.А. Косолапов // Наукові записки Міжнародного гуманітарного університету : [збірник] - Одеса : Фенікс. 2015. № 24. — С. 128-131.
8. Макаров В.Л., Бахтизин, А. Р. Новый инструментарий в общественных науках — агент-ориентированные модели: общее описание и конкретные примеры. // ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ. 2009. Т. 12. № 50. — С. 13-25.
9. Осипов Г.С. Интеллектуальное управление транспортными средствами: стандарты, проекты, реализации // Авиакосмическое приборостроение. 2009. Т. 6. — С. 34-43.
10. Поспелов Д.А. Прикладная семиотика и искусственный интеллект // Программные продукты и системы. 1996. Т. 3. — С. 10-13.
11. Розенберг И.Н. Интеллектуальное управление // Современные технологии управления. ISSN 2226-9339. 2017. Т. 4. № 76. — С. Дата публикации: 2017-04-10 . Режим доступа: <http://sovman.ru/article/7608/>.
12. Скалозуб В.В. Интеллектуальные транспортные системы железнодорожного транспорта (основы инновационных технологий) [Текст] : пособие / В.В. Скалозуб, В.П. Соловьёв, И.В. Жуковичский, К.В.



Гончаров. — Днепропетровск : Изд-во Днепропетр. нац. ун-та ж.-д. трансп. им. В. Лазаряна, 2013. — 207 с.

13. Koutsabasis P., Darzentas, J. Methodologies for agent systems development: underlying assumptions and implications for design // AI & Soc. 2009. Т. 23. — С. 379–407.
14. Березкин Д.В. Семиотический подход к построению информационных систем в области обеспечения безопасности // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Физико-математические и технические науки. 2016. Т. 3. — С. 47—54.

Статья отправлена: 11.06.2017 г.

© Косолапов А.А., Лоскутов Д.В., Лобода Д.Г.