

УДК 004.048/.421/.89

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ
НА ОСНОВЕ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**MODELING OF PROJECT MANAGEMENT PROCESSES BASED
ON MULTI-AGENT INFORMATION TECHNOLOGY**

Н.Н. ЕЛИН, С.Г. ФОМИЧЕВА, Т.Н. ЕЛИНА, В.А. МЫЛЬНИКОВ
N.N. ELIN, S.G. FOMICHEVA, T.N. ELINA, V.A. MYLNIKOV

(Ивановский государственный политехнический университет,
Норильский индустриальный институт,
Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского)
(Ivanovo State Polytechnic University,
Norilsk Industrial Institute,
Military-Space Academy named after A.F. Mozhaisky)
E-mail: yelinnn@mail.ru, mva_etn@mail.ru

Предложена модель автоматизированного управления инвестиционными проектами, реализующая механизмы поиска и внедрения результатов научно-технических исследований на основе применения мультиагентных систем. Разработанная методика оценки проектов с использованием методов объединения предметных онтологий и систем нейро-нечеткого вывода позволяет накапливать и использовать знания о существующих потребностях рынка.

Proposed a model of automated management of investment projects, which implements the search mechanisms and introduction of results of scientific and technological research through the application of multi-agent systems. A method for evaluation projects using methods of Association of subject ontologies and systems neuro-fuzzy inference allows to accumulate and using knowledge about the existing market needs.

Ключевые слова: механизмы самоорганизации, базы знаний, нейро-нечеткие информационные системы, мультиагентные системы, автоматизация процессов, инвестиционная деятельность.

Keywords: the mechanisms of self-organization, knowledge base, neuro - fuzzy information systems, multi-agent systems, process automation, investment activity.

Разработка мультиагентных систем (МАС) позволит реализовать автоматизированное управление процессами поиска и внедрения результатов научно-технических исследований на предприятиях текстильной промышленности [1], [2].

Рассмотрим отраслевой рынок инвестиционных проектов как интеллектуальную МАС, в которой представлены агенты двух типов: инвестиционные проекты (P) и спрос на них со стороны предприятий (S):

$$MAC = (P, S, V, W), \quad (1)$$

где V – множество взаимодействия между агентами P, то есть возможные варианты создания комплексных проектов; W – множество взаимодействий между агентами P и S, то есть возможные варианты реализации проектов у инвесторов. Пусть в данный момент времени общее количество инвестиционных проектов на рынке равно

I, а общее количество инвестиционных запросов – J.

Чаще всего контракт заключается между одним инвестиционным проектом (агент P) и одним инвестором (агент S), однако бывают ситуации, когда запросам инвестора удовлетворяет только проект, созданный путем объединения и/или пересечения нескольких проектов, то есть $P = (P_1 * P_2 * \dots * P_n) * S$, где $(*) \in \{\cup, \cap\}$. В этом случае производится формирование комплексного проекта из нескольких, предлагаемых для инвестирования.

Оценка инвестиционных проектов (рис. 1 – алгоритм реализации модели онтологической оценки проектов) проводится с применением онтологической модели знаний, которая включает набор онтологий в виде графов типа дерево ($O = (C, R)$, где C – набор вершин или понятий, R – набор ребер или отношений), представляющих собой детальное описание предметных областей, к которым относятся проекты [2].

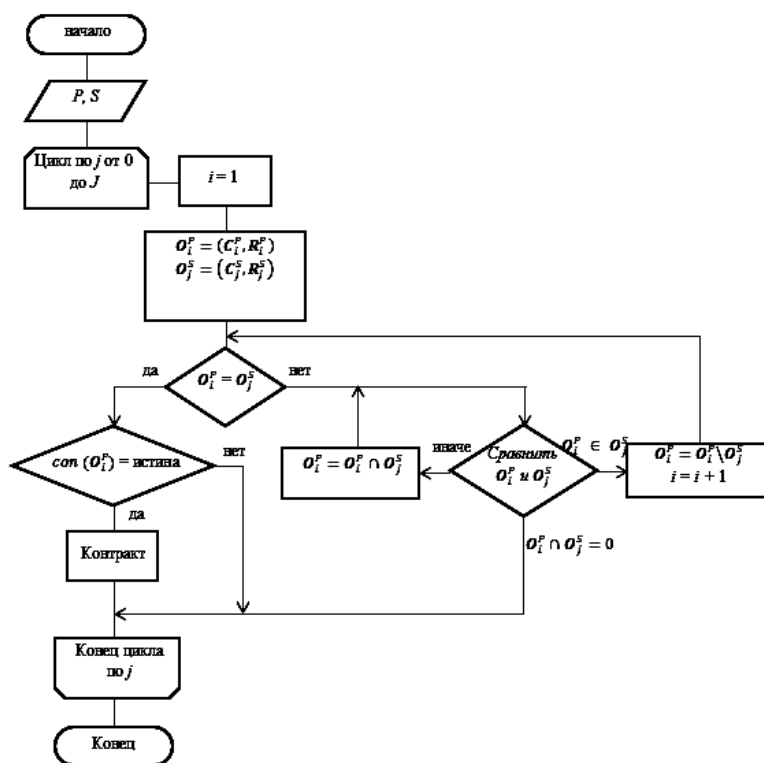


Рис. 1

При оценке проекта определяется его принадлежность к конкретной онтологии O_i^P . Если потребности инвестора охватывают более чем одну онтологию, прово-

дится анализ совместимости проектов ($con(O_i^P)$) с применением метода объединения онтологий [3]. В результате объеди-

нения онтологии предметных областей двух проектов O_1^P и O_2^P создается новая онтология:

$$O_{1+2}^P = O_1^P \cup O_2^P = (C_1^P \cup C_2^P, R_1^P \cup R_2^P),$$

которая представлена понятиями входных онтологий, но при этом может иметь дополнительные связи и ограничения. При оценке O_{1+2}^P возможны три варианта развития событий:

– новая онтология будет отклонена в связи с логической несогласованностью, то есть проекты объединить невозможно ($\text{con}(O_i^P) = \text{False}$);

– новая онтология является правильной и содержит качественно новое знание, удовлетворяющее требованиям инвестора, то есть объединение проектов является актуальным ($\text{con}(O_i^P) = \text{True}$);

– новая онтология является правильной, но либо не удовлетворяет требованиям инвестора, либо она является менее эффективной, чем использование O_1^P и O_2^P в отдельности, тогда проекты нужно реализовывать отдельно, без объединения ($\text{con}(O_i^P) = \text{False}$).

Критерием эффективности объединения является степень соответствия комплексного проекта запросам инвестора, которая может быть выражена в долях единицы. Целевая функция с нечеткими параметрами S -множества понятий предметной области и K -множества критериев оценки проектов в этом случае представлена следующим выражением:

$$f(C, K) = \max(C^S \cap C^P, K^S \cap K^P), \quad (2)$$

где $C^S \in (c_1^S, c_2^S, \dots, c_j^S)$ – множество понятий предметной области инвестиционного запроса; $C^P \in (c_1^P, c_2^P, \dots, c_j^P)$ – множество понятий предметной области проекта; $K^S \in (k_1^S, k_2^S, \dots, k_i^S)$ – множество критериев оценки проекта по требованиям инвестора; $K^P \in (k_1^P, k_2^P, \dots, k_i^P)$ – множество критериев оценки инвестиционного проекта.

Практическая реализация как исходных, так и объединенных онтологий вы-

полнена в виде нейро-нечетких продукционных моделей [3].

Проведение полной многокритериальной оценки каждого поступающего в систему проекта осуществляется с использованием нейро-нечеткого классификатора [5], на вход которого подаются атрибуты проектов как нечеткие лингвистические переменные с гауссовскими функциями принадлежности. Выходом классификатора является степень принадлежности проекта к определенной классификационной области O_1 . Каждый узел системы нечеткого вывода типа ANFIS использует механизм нечеткого вывода Такаги-Сугено [6].

В результате оценки каждый проект представляется в виде многомерного нечеткого OLAP-куба с измерениями $Y^P \in (c_1^P, c_2^P, \dots, c_j^P, k_1^P, k_2^P, \dots, k_i^P)$, представляющего собой нечеткую многомерную оценку проекта, относящегося к определенному онтологическому дереву O_1 [2].

Оценка соответствия значений критериев проекта и инвестиционного запроса рассчитывается как k_i^P/k_i^S – для критериев проекта и c_j^P/c_j^S – для оценки онтологического соответствия. Целевая функция (2) в этом случае примет следующий вид:

$$f(C, K) = \max \frac{\sum(h_i \cdot k_i^P)}{\sum(h_i \cdot k_i^S)} + \frac{\sum(h_j \cdot c_j^P)}{\sum(h_j \cdot c_j^S)}, \quad (3)$$

где h_i – вес критерия, оцениваемый инвестором по 10-балльной шкале.

Для агента каждого типа разрабатываются взаимосвязанные между собой модули [7]. Процесс функционирования агента представляется в виде последовательности исполняемых им сценариев поведения. Порядок их исполнения определяется состоянием рынка и модулем управления поведением. Сценарии поведения агента могут исполняться с привлечением базы знаний данного агента. Выбор необходимого сценария поведения агента зависит от текущего актуального состояния буфера агента и его окружающей среды.

Сценарий функционирования МАС управления проектами в общем виде таков. S-агент извещает всех агентов типа P о

начале поиска проектов, а также об основных параметрах запроса инвестора, строит онтологическое дерево инвестиционного запроса и проводит его классификацию, определяет допустимое количество проектов, которое должно быть найдено. Получив информацию от S-агента, P-агенты оценивают запрос и предлагают себя для контракта. В процессе поиска проекта по запросу предприятия-инвестора MAC генерирует несколько потоков, в каждом из которых находится один из возможных проектов-претендентов. В результате

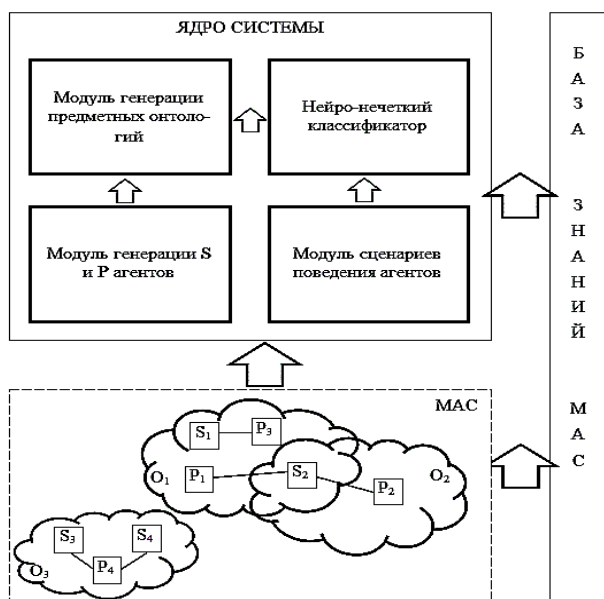


Рис. 2

На рис. 3 представлен результат работы модели MAC на примере инвестиционного рынка текстильной отрасли для 1000 проектов и 200 инвестиционных запросов. Модель допускает возможность заключения контракта между одним разработчиком и одним инвестором, между одним разработчиком и несколькими инвесторами и между одним инвестором и несколькими разработчиками. В результате расчета MAC определила возможность заключения 210 контрактов, нереализованными остались 43 проекта и 15 инвестиционных запросов.

находится несколько проектов, из которых выбирается наилучший. Получив перечень проектов, S-агент выбирает "победителя" на основании критерия (1) и сообщает о принятом решении. По достижении заданного допустимого количества проектов S-агент делает окончательный выбор.

Для исследования поведения агентов P и S построена модель рынка инвестиционных проектов в среде AnyLogic PLE. Структура разработанной модели в общем виде представлена на рис. 2.

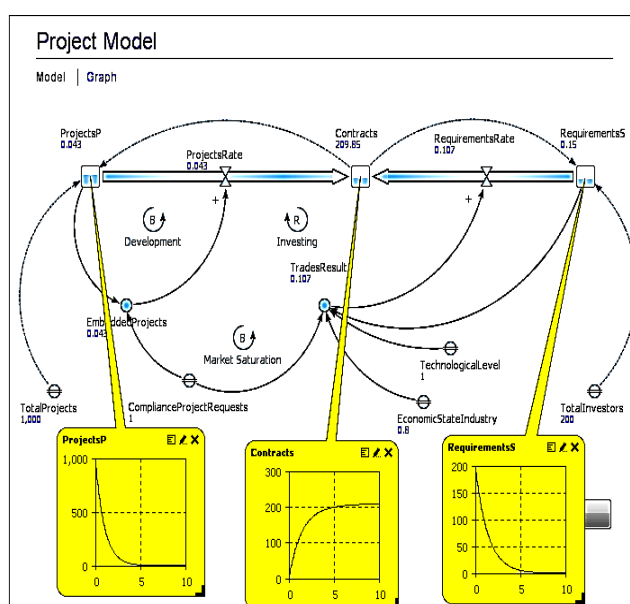


Рис. 3

ВЫВОДЫ

Предложенная модель поддержки механизмов самоорганизации рынка инвестиционных проектов на основе применения MAC позволяет автоматизировать процессы поиска и отбора инвестиционных проектов в текстильной промышленности, а также оценивать возможности их реализации с точки зрения удовлетворения требований инвестора. Использование в качестве инструмента оценки привлекательности инвесторов и проектов механизма нейро-нечетких систем позволит системе накапливать и использовать знания о

существующих потребностях рынка. Возможность формирования комплексных проектов значительно ускорит процесс поиска и заключения контрактов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алоян Р.М., Петрухин А.Б., Федосеев В.Н., Виноградова Н.В. Опыт практической реализации укрепления связей науки ИВГПУ с производством в условиях развития инфраструктурной базы текстильно-промышленного кластера региона // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 1. С. 15...18.

2. Wooldridge Michael. An Introduction to Multi-Agent Systems. – John Wiley & Sons Ltd. 2002.

3. Елин Н.Н., Фомичева С.Г., Елина Т.Н., Мыльников В.А. Моделирование редуцированных баз знаний при интеграции инвестиционных проектов в энергетике // Вестник ИГЭУ. – 2016. Вып. 1. С. 63...68.

4. Glukhov V.V., Ilin I.V., Levina A.I. Project management team structure for internet providing companies (Conference Paper) // Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics). – Vol. 9247, 2015. P. 543...553 (15th International Conference on Next-Generation Wired/Wireless Advanced Networks and Systems, NEW2AN 2015 and 8th Conference on Internet of Things and Smart Spaces, ruSMART 2015. – St. Petersburg; Russian Federation; 26 August 2015 through 28 August 2015; Code 142759).

5. Фомичева С.Г., Елина Т.Н., Панченко С.С., Беляев И.С. Мультиагентная информационная система сопровождения проектов инновационных бизнес-инкубаторов // Сб. научн. тр. по мат. Междунар. научн.-практ. конф.: Современные тенденции в науке и образовании. – В 6 частях. Ч. II. – М.: "АР-Консалт", 2014. С.126.

6. Takagi T., Sugeno M. Fuzzy identification of systems and its application to modeling and control // IEEE Trans. SMC. – 1985. P. 116...132.

7. Елин Н.Н., Фомичева С.Г., Елина Т.Н., Мыльников В.А. Мультиагентная система управления рынком инвестиционных проектов в энергетике // Вестник ИГЭУ. – 2016. Вып. 2. С. 55...60.

REFERENCES

1. Alojjan R.M., Petruhin A.B., Fedoseev V.N., Vinogradova N.V. Opyt prakticheskoj realizacii ukreplenija svjazej nauki IVGPU s proizvodstvom v uslovijah razvitija infrastrukturnoj bazy tekstil'no-promyshlennogo klastera regiona // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, № 1. S. 15...18.

2. Wooldridge Michael. An Introduction to Multi-Agent Systems. – John Wiley & Sons Ltd. 2002.

3. Elin N.N., Fomicheva S.G., Elina T.N., Myl'nikov V.A. Modelirovanie reducirovannyh baz znanij pri integracii investicionnyh proektov v jenergetike // Vestnik IGJeU. – 2016. Vyp. 1. S. 63...68.

4. Glukhov V.V., Ilin I.V., Levina A.I. Project management team structure for internet providing companies (Conference Paper) // Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics). – Vol. 9247, 2015. P. 543...553 (15th International Conference on Next-Generation Wired/Wireless Advanced Networks and Systems, NEW2AN 2015 and 8th Conference on Internet of Things and Smart Spaces, ruSMART 2015. – St. Petersburg; Russian Federation; 26 August 2015 through 28 August 2015; Code 142759).

5. Fomicheva S.G., Elina T.N., Panchenko S.S., Beljaev I.S. Mul'tiagentnaja informacionnaja sistema soprovozhdenija proektov innovacionnyh biznes-inkubatorov // Sb. nauchn. tr. po mat. Mezhdunar. nauchn.-prakt. konf.: Sovremennye tendencii v nauke i obrazovanii. – V 6 chastjah. Ch. II. – M.: "AR-Konsalt", 2014. S.126.

6. Takagi T., Sugeno M. Fuzzy identification of systems and its application to modeling and control // IEEE Trans. SMC. – 1985. P. 116...132.

7. Elin N.N., Fomicheva S.G., Elina T.N., Myl'nikov V.A. Mul'tiagentnaja sistema upravlenija rynkom investicionnyh proektov v jenergetike // Vestnik IGJeU. – 2016. Vyp. 2. S. 55...60.

Рекомендована кафедрой гидравлики, тепло-техники и инженерных сетей ИВГПУ. Поступила 06.04.16.