

**МУЛЬТИАГЕНТНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ  
В ИНВЕСТИЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ***Мыльников Владимир Аркадьевич (mva\_etn@mail.ru)**ФГКВООУ ВПО «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского»**Абалдова Светлана Юрьевна**ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»**Елина Татьяна Николаевна**ФГКВООУ ВПО «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского»*

Реализация крупным предприятием в своей инвестиционной деятельности модели открытых инноваций требует разработки механизмов информационной поддержки поиска и внедрения результатов НИОКР. Рынок инноваций является сложной, открытой, динамически изменяющейся системой. Самоорганизация рынка осложняется большой инерционностью, отсутствием или неполнотой необходимой информации. В работе предлагается решение задач процессов поиска и внедрения результатов научно-технических исследований с помощью мультиагентных информационных технологий. Описана модель оценки НИОКР для реализации на предприятии с использованием методов объединения предметных онтологий и систем нейро-нечеткого вывода, позволяющая накапливать и использовать знания о существующих потребностях рынка.

*Ключевые слова:* модель открытых инноваций, нейро-нечеткие информационные системы, мультиагентные системы, предметные онтологии, автоматизация процессов, инвестиционная деятельность.

Сегодня актуальным для Российских компаний крупного и среднего бизнеса является внедрение инноваций. Деятельность компаний, реализующих модель открытых инноваций, предполагает активный поиск проектов, постоянное взаимодействие с внешними источниками идей и технологий. В то же время инновационные предложения внутренние, не востребованные самой компанией по тем или иным причинам в настоящее время, также становятся субъектом бизнеса, выходя на рынок [1].

Цель инновационной деятельности компании состоит в поиске на рынке и отборе для финансирования перспективных технологических стартапов [2]. Причем инновационные проекты или их отдельные модули могут быть созданы как в самой компании, так и предложены сторонними разработчиками.

Поскольку основная активность в открытых инновациях сосредоточена в области поиска технологий, идей, решений, которые могут быть адаптированы и применены для удовлетворения потребностей предприятия, появляется необходимость внедрения инструментов такого поиска. Учитывая размеры рынка инноваций, его динамичность и количество предлагаемых проектов, предприятию, реализующему модель открытых инноваций, необходимо наличие диспетчера, осуществляющего централизованное управление поиском, анализом и оценкой проектов. Диспетчером являются сотрудник или группа сотрудников, в зависимости от размера предприятия, реализующих роль посредников между авторами проектов и инвестиционными запросами предприятия. Диспетчер отбирает потенциально возможные для реализации проекты, проводит их предварительную оценку и предлагает подходящие проекты для внедрения.

Такая организация предполагает ведение некоторой базы данных проектов, существующих на рынке и потенциально подходящих предприятию (рис. 1). Она имеет следующие недостатки:

- высокие затраты на содержание диспетчера: потребности предприятия в инновациях возникают периодически, а сотрудник присутствует постоянно;
- непрерывный распределенный on-line мониторинг актуального состояния проектов потребует значительных дополнительных затрат труда, а следовательно, привлечения новых сотрудников для выполнения функций диспетчера, что очевидно является экономически нецелесообразным;
- необходимость в диспетчерах, ориентирующихся во многих областях знаний;
- инвесторы получают информацию по проектам только по запросам и не имеют возможности осуществлять поиск проекта в базе самостоятельно;
- отсутствие возможности компоновки комплексных проектов, в том случае если на рынке отсутствует проект, полностью подходящий под требования предприятия.

Использование электронного диспетчера как программного модуля, внедренного в корпоративную информационную систему предприятия (рис. 2), позволит снизить затраты на поиск и оценку проектов, а также повысить оперативность и качество предоставляемой информации.

Единое файловое хранилище позволяет, не выходя из корпоративной информационной системы, управлять доступом к файлам проекта с сохранением их атрибутов и использовать полнотекстовый поиск для его нечеткой классификации. Кроме того всегда присутствует

возможность On-line мониторинга состояния проектов для всех участников системы, что в

свою очередь позволяет инвесторам самостоятельно искать интересующие их проекты.



Рисунок 1. Сопровождение инновационных проектов с использованием диспетчера



Рисунок 2. Схема документооборота по сопровождению инновационных проектов с использованием электронного диспетчера

При замещении диспетчера-сотрудника электронным диспетчером в системе управления проектами появляется интеллектуальный модуль, позволяющий оценивать проект, классифицировать его по различным направлениям, а также формировать комплексный проект из существующих предложений.

Оценка проекта в этом модуле производится с помощью иерархической нейро-нечеткой сети представленной структурно на рис. 3 [3]. На вход подаются атрибуты проектов, обозначенные векторами  $X$  как нечеткие лингвистические переменные с гауссовскими функциями принадлежности, представляющие собой результат нечеткой экспертной оценки отдельного показателя проекта. Каждый узел  $U$  системы нечеткого вывода типа ANFIS использующий нечеткий вывод Мамдани.

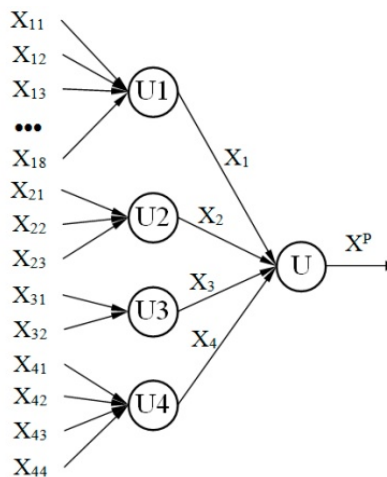


Рисунок 3. Структура системы нечеткой оценки проектов

Сеть оценки проекта (U1) получает на вход:

- степень актуальности ( $X_{11}$ );
- степень устойчивости ( $X_{12}$ );
- длительность ( $X_{13}$ );
- степень соответствия приоритетным направлениям ( $X_{14}$ );
- степень корректности используемых моделей и технологий ( $X_{15}$ );
- уровень проекта ( $X_{16}$ );
- динамику развития проекта ( $X_{17}$ );
- специфичность проекта ( $X_{18}$ ).

Сеть оценки разработчиков (U2) получает на вход:

- уровень квалификации исполнителей ( $X_{21}$ );
- опыт разработки и внедрения проектов ( $X_{22}$ );
- наличие публикаций ( $X_{23}$ ).

Сеть оценки результатов проекта (U3) получает на вход:

- степень надежности ( $X_{31}$ );
- степень новизны ( $X_{32}$ ).

Сеть оценки экономических показателей (U4) получает на вход:

- экономическую эффективность ( $X_{41}$ );
- востребованность на рынке ( $X_{42}$ );
- степень открытости ( $X_{43}$ );
- возможность адаптируемости ( $X_{44}$ ).

Возможность внедрения проекта определяется выполнением условий (1), то есть соответствия значений критериев оценки проекта ( $X_1^P$ ), команды разработчиков ( $X_2^P$ ), результатов проекта ( $X_3^P$ ), экономических показателей ( $X_4^P$ ) требованиям инвестора к проекту ( $X_1^I$ ), команде разработчиков ( $X_2^I$ ), результатам проекта ( $X_3^I$ ) и его экономическим показателям ( $X_4^I$ ):

$$\begin{cases} X_1^I \leq X_1^P, \\ X_2^I \leq X_2^P, \\ X_3^I \leq X_3^P, \\ X_4^I \leq X_4^P. \end{cases} \quad (1)$$

Классификация проектов проводится с применением онтологической модели знаний [4]. Данная модель 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. Онтологии предлагается строить на базе классификатора УДК. Онтологии верхнего уровня определяют принадлежность проекта к области знаний, например, математика, физика, философия, прикладные науки и т.д. Онтологии второго уровня ориентированы на конкретную предметную область в рамках указанной области знаний, например, для физики это может быть механика, оптика, термодинамика и т.д. Онтологии третьего уровня ориентированы на конкретную

задачу, например, для термодинамики это может быть общая теория теплоты, теплопроводность, теория тепловых двигателей и др.

При оценке проекта определяется его принадлежность к конкретной онтологии  $O_n$ . Если потребности инвестора охватывают более, чем одну онтологию, проводится анализ совместности проектов с применением метода объединения онтологий. В результате объединения онтологий предметных областей двух проектов  $O_1$  и  $O_2$ , создается новая онтология  $O_{1+2} = O_1 \cup O_2 = (C_1 \cup C_2, R_1 \cup R_2)$ , которая представлена понятиями входных онтологий, но при этом может иметь дополнительные связи и ограничения. При оценке  $O_{1+2}$  возможны три варианта развития событий:

- новая онтология будет отклонена в связи с логической несогласованностью, то есть проекты объединить невозможно (методы оценки логической согласованности онтологий выходят за рамки данной статьи);
- новая онтология является правильной и содержит качественно новое знание, удовлетворяющее требованиям инвестора, то есть объединение проектов является актуальным;
- новая онтология является правильной, но либо не удовлетворяет требованиям инвестора, либо она является менее эффективной, чем использование  $O_1$  и  $O_2$  в отдельности, тогда проекты нужно реализовать отдельно, без объединения.

Критерием эффективности проекта является степень его соответствия запросам инвестора, которая может быть выражена в долях единицы. Целевая функция в этом случае представлена следующим выражением:

$$f = \frac{|C^I \cap C^P|}{C^I} \rightarrow \max, \quad (2)$$

где  $|A|$  – число элементов множества  $A$ ,

$C^I = (c_1^I, c_2^I, \dots, c_n^I)$  – множество понятий предметной области инновационного запроса;

$C^P = (c_1^P, c_2^P, \dots, c_n^P)$  – множество понятий предметной области проекта, и максимум отыскивается на множестве проектов  $P$ , удовлетворяющих условиям (1).

Практическая реализация как исходных, так и объединенных онтологий выполнена в виде нейро-нечетких продукционных моделей [5].

Для объединения нескольких проектов в комплексный проект [6] в совокупности с нечеткой классификацией предлагается использовать мультиагентные технологии. Объединение проектов предполагается как по запросам инвесторов и других проектов, так и на основе предложений системы, которая сможет

рекомендовать соединение функционала нескольких проектов, получая комплексный.

Агентный подход к управлению проектами позволяет самому проекту эволюционировать, реагируя как на внешнюю, так и на внутреннюю среду.

Для агента (инновационного проекта) разрабатывается модуль, содержащий совокупность всех сценариев поведения. 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 параметров текущего состояния внешней среды, к которым могут относиться сообщения, полученные от других агентов; события, сгенерированные самим агентом в предыдущие моменты времени; события окружающей среды; анализ предыстории поведения агента.

Функционирование мультиагентной системы рынка инноваций предполагает в каждый момент времени наличие большого количества запросов инвесторов и предлагаемых для реализации НИОКР.

Для каждого запроса может существовать три варианта развития событий для инвестора:

1. Существует полностью подходящий инновационный проект (проекты).

2. Проект может быть создан путем объединения существующих проектов (их частей).

3. Подходящего проекта не существует и не может быть создано на данном рынке.

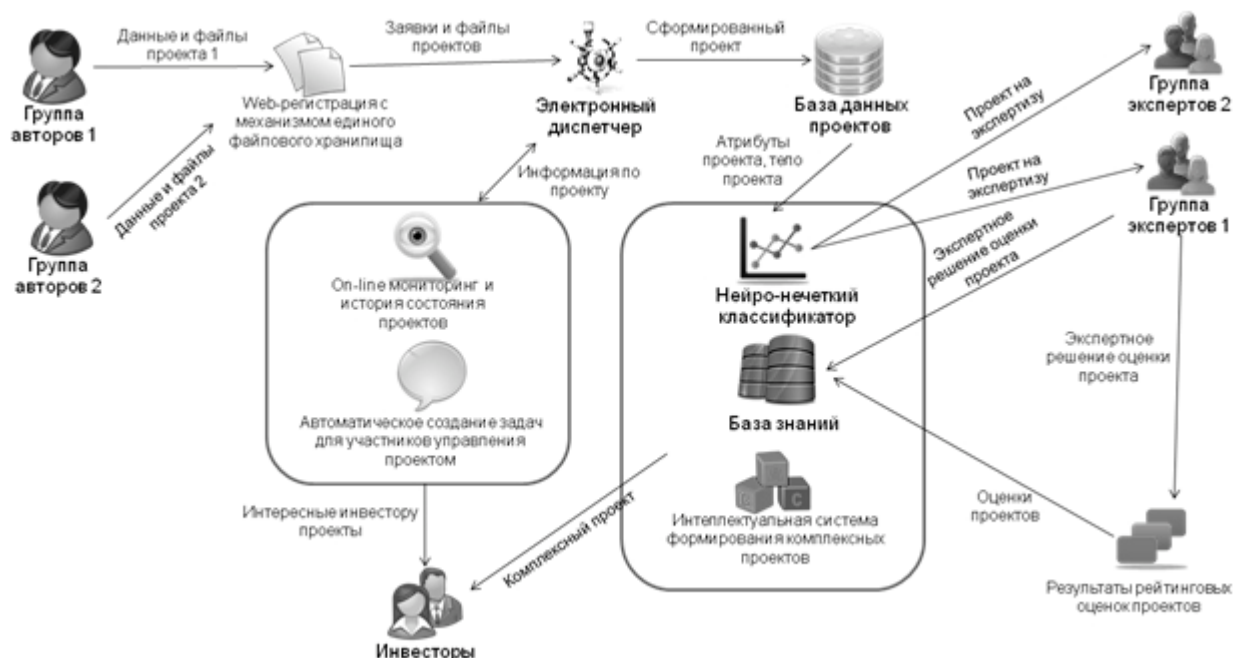
Для каждого проекта может существовать три варианта:

1. Существует полностью подходящий инвестиционный запрос (запросы).

2. Проект может быть реализован как часть (модуль) комплексного проекта, созданного путем объединения существующих проектов (их частей).

3. Подходящего инвестора на данном рынке не существует.

С введением механизмов нейро-нечеткой классификации и механизма реализации мультиагентных технологий функционал системы изменится на представленный на рис. 4. Появится возможность классификации проектов с помощью нейронной-нечеткой сети, которая позволит автоматически предварительно оценить и направлять проекты на рассмотрение экспертам определенной области, либо формировать группу экспертов. Интеллектуальная система формирования комплексных проектов позволит объединять самостоятельные проекты в комплексные.



**Рисунок 4. Схема документооборота по сопровождению инновационных проектов с использованием мультиагентного подхода**

Архитектура предлагаемой системы имеет уровень тонкого клиента, уровень сервера, базу данных и базу знаний.

Система обладает следующим функционалом:

- механизм универсального доступа к файловому хранилищу;
- технология гибкого формирования карты маршрута;

- нейро-нечеткая система классификации проектов;
- мультиагентная система формирования комплексных проектов.

Можно выделить следующие направления использования предлагаемой системы:

1. Для малых предприятий – возможность использования SaaS-технологий, позволяющих предприятиям минимизировать инвестиционные затраты в программное обеспечение, обеспечить безопасность и надежность данных при небольших затратах на аппаратное обеспечение.
2. Для корпораций – информационная система управления инновационными проектами в различных сферах деятельности организации, а также отдельные модули могут использоваться как самостоятельный программный продукт.
3. Для учебных заведений – информационное сопровождение работы с инновационными студенческими бизнес-проектами; а также автоматизация некоторых направлений работы научно-исследовательского сектора вуза.

Предложенная система поддержки модели открытых инноваций на основе применения мультиагентных систем позволяет автоматизировать процессы поиска и отбора НИОКР, а также осуществлять оценку возможности их реализации с точки зрения удовлетворения требований инвестора. Использование в качестве инструмента оценки 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. H. Chesbrough. Open Innovation. The New Imperative for Creating and Profiting from Technology // Harvard Business School Press, 2003.
2. Ilin I.V., Anisiforov A.B. Improving the efficiency of projects of industrial cluster innovative development based on enterprise architecture model // WSEAS Transactions on Business and Economics. Volume 11, 2014, Pages 757-764.
3. Елина Т.Н., Абалдова С.Ю. Нейро-нечеткое моделирование процессов оценки результативности системы менеджмента качества // Известия высших учебных заведений. Серия: Экономика, финансы и управление производством. 2014. № 2 (20). С. 111-118.
4. Елин Н.Н., Фомичева С.Г., Елина Т.Н., Мыльников В.А. Многоагентная система управления рынком инвестиционных проектов в энергетике // Вестник ИГЭУ. – 2016. – Вып. 2 – С. 54–61.
5. 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.
6. Фомичева С.Г., Елина Т.Н., Панченко С.С., Беляев И.С. Мультиагентная информационная система сопровождения проектов инновационных бизнес-инкубаторов // В сборнике: Современные тенденции в науке и образовании Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: В 6 частях. ООО «Ар-Консалт». 2014. С. 126-127.