

УДК 004.896

ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРАМИ, АВАРИЯМИ И ИНЦИДЕНТАМИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ СИСТЕМ

¹Сеньков А.В., ²Андреева О.Н.

¹Филиал ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет МЭИ»
(Московский энергетический институт), Смоленск, e-mail: a.v.senkov@mail.ru;

²Концерн «Моринформсистема – Агат», Москва, e-mail: andreeva_olia@mail.ru

В статье обозначены риски, относящиеся к современным системам управления пожарами, авариями и инцидентами, которые могут повлиять на способность предприятия по управлению такими нежелательными событиями. В качестве способа снижения указанных рисков предлагается строить системы управления пожарами, авариями и инцидентами на основе теории мультиагентных систем. Для указанных целей предложена структура интеллектуального агента, способного своевременно идентифицировать возникновение пожара, аварии и инцидента, выбрать стратегию поведения для наиболее эффективного управления такими нежелательными событиями, выработать управляющие решения и провести мониторинг их эффективности. Отличительной особенностью такого агента является возможность передачи управления эффекторами, входящими в исключительную зону ответственности агента соседним агентам. Предложен подход к построению систем управления пожарами, авариями и инцидентами, основанный на предложенной структуре интеллектуального агента, описаны основные особенности такой системы. Определены задачи, возлагаемые на интеллектуального агента.

Ключевые слова: управление производственными рисками, мультиагентная система, интеллектуальный агент

APPROACH TO CREATION OF INTELLECTUAL SYSTEM FOR CONTROL OF THE FIRES, ACCIDENTS AND INCIDENTS AT THE INDUSTRIAL ENTERPRISES ON THE BASIS OF THE THEORY OF MULTI-AGENT SYSTEMS

¹Senkov A.V., ²Andreeva O.N.

¹Smolensk branch of Federal Autonomous Educational Institution of Higher Education Moscow Power
Engineering Institute (National Research University), Smolensk, e-mail: a.v.senkov@mail.ru;

²Concern «Morinformsystem-Agat», Moscow, e-mail: andreeva_olia@mail.ru

The paper marked the risks related to modern fire, accidents and incidents management systems that may affect the company's ability to manage these adverse events. As a method of reducing these risks is proposed to build a fire, accidents and incidents control system on the basis of the theory of multi-agent systems. For these purposes, the structure of the intelligent agent is proposed. That structure can promptly identify the occurrence of a fire, accident and incident, choose a strategy for the most effective management of such risks, and to monitor their effectiveness. Distinctive feature of such agent is the possibility of transmission of control of the effectors entering an exceptional zone of responsibility of the agent to adjacent agents. An approach to the construction of fire, accidents and incidents control systems, based on the proposed structure of the intelligent agent is proposed. The main features of such a system are described. Determined the tasks entrusted to the intelligent agent.

Keywords: industrial risk management, multi-agent systems, intellectual agent

Современные предприятия переполнены датчиками и системами контроля. К таким системам относятся как обязательные системы противопожарной безопасности [4], системы контроля за опасными производственными объектами [2], системы экологического мониторинга [5], так и системы, направленные на повышение эффективности деятельности предприятий, например ERP [6] и MES-системы [1]. Как правило, указанные системы «живут» совершенно раздельно и данные от них не консолидируются. В ряде случаев данные могут выдаваться на отдельные части единого пульта управления или диспетчерского пульта предприятия.

Роль такого диспетчерского пульта, как правило, сводится к непрерывному мониторингу состояния отдельных объектов на предприятии, характеристик протекающих на нём процессов для своевременного выявления отклонений от нормы, которые способны привести к некоторой аварии или снижению производительности (эффективности) предприятия. Кроме того, диспетчерский пульт может обеспечить контроль развития аварии в случае её наступления.

В ряде случаев диспетчерский пульт позволяет некоторым образом среагировать на изменение параметров путем отдачи соответствующих команд исполняющим механизмам (эффекторам).

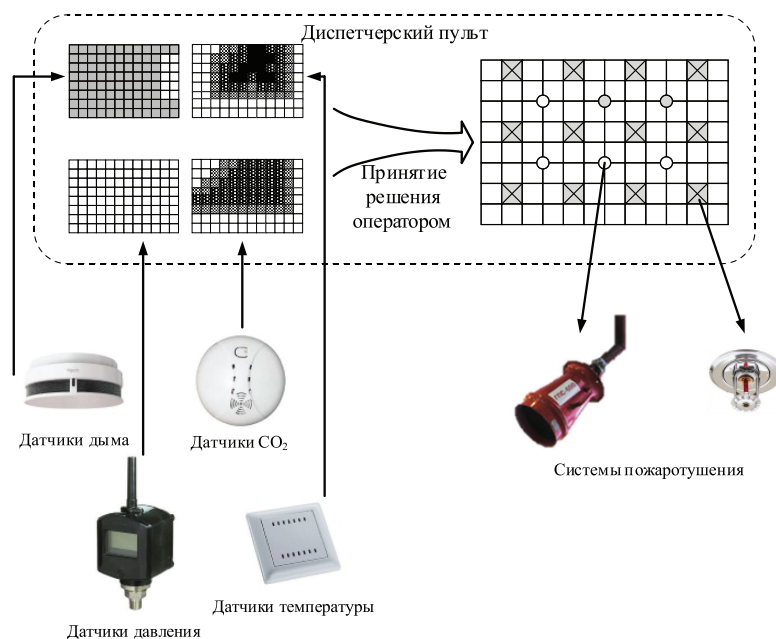


Рис. 1. Обобщенная информационная инфраструктура предприятия (в части подсистемы противопожарной безопасности)

Исходя из сказанного выше, обобщенно информационная инфраструктура предприятия, связанная с датчиками и диспетчерским пультом, может быть представлена следующим образом (рис. 1).

Однако, такая структура зачастую не позволяет своевременно идентифицировать,

проанализировать, локализовать и устранить аварию на этапе её зарождения или начальных этапах развития. Невозможность своевременной идентификации зарождающихся аварий может быть обусловлена рядом факторов. Риски, сопутствующие такой структуре, приведены в таблице.

Риски существующей информационной инфраструктуры предприятия

№ п/п	Риск	Комментарий
1.	Выбытие оператора	В результате развития аварийной ситуации оператор может пострадать физически или психически и стать неспособным осуществлять сбор, анализ, обобщение информации или принимать решения по управлению аварийной ситуацией
2.	Повреждение главного пульта управления	В результате развития аварийной ситуации могут произойти события, приводящие к частичному или полному повреждению пульта управления
3.	Повреждение связей между главным пультом и датчиками (управляющими элементами)	В результате развития аварийной ситуации или по несвязанным с ней причинам пульт может перестать получать данные от датчиков, либо получать их в искаженном виде, не передавать или передавать в искаженном виде команды на управляющие элементы
4.	Сбой датчиков	Датчики могут выйти из строя, прекратить передачу данных или же передавать искаженные данные
5.	Сбой управляющих элементов	Управляющие элементы по различным причинам могут выйти из строя и прекратить выполнять свои непосредственные функции
6.	Истощение ресурсов системы для управления аварийными ситуациями	В результате активных действий оператора ресурсы, с помощью которых может осуществляться управление аварийными ситуациями могут истощиться (например, вода может не доходить до средств пожаротушения)
7.	Разрозненность систем и отсутствие единого информационного пространства	Поскольку системы, как правило, не взаимосвязаны, оператору приходится самостоятельно анализировать складывающуюся ситуацию и выбирать комплекс мер (зачастую разрозненных) для предотвращения аварии либо для её устранения. Решение этой задачи требует от оператора серьезной подготовки и значительного опыта работы

Интеллектуальная система для управления авариями на основе теории мультиагентных систем

Представленный перечень рисков позволяет сделать вывод о возможности возникновения аварии, при которой управление с диспетчерского пульта станет невозможным. Таким образом, обуславливается необходимость в разработке нового типа систем. Предлагаемый тип систем должен обеспечивать выполнение следующих требований:

1) система должна иметь возможность работать как в совокупности с диспетчерским пультом, так и без его участия;

2) система должна иметь возможность работать в условиях дефицита ресурсов;

3) система должна обеспечивать контроль корректности данных, поступающих от датчиков.

Представленные требования перекрывают требования для аналогичных систем, изложенные в [2], и позволяют определить предлагаемую систему как мультиагентную систему с интеллектуальными агентами, связанными между собой.

В [6] интеллектуальный агент рассматривается как набор

$$AG = \{S, A, env, I, refine, action\},$$

где S – непустое конечное множество состояний внешней среды; A – непустое конечное множество действий агента; $env: S \times A \rightarrow 2^S$ – функция поведения внешней среды, сопоставляющая текущему состоянию внешней среды и выбранному агентом действию непустое множество возможных следующих состояний внешней среды; I – непустое конечное множество внутренних состояний агента; $refine: I \times S \rightarrow I$ – функция обновления состояния, сопоставляющая предыдущему внутреннему состоянию и новому состоянию внешней среды новое внутреннее состояние агента; $action: I \rightarrow A$ – функция принятия решения, сопоставляющая текущему внутреннему состоянию агента некоторое действие.

Мультиагентная система представляется в виде кортежа:

$$MAS = \{S, AG, env\},$$

где S – непустое конечное множество состояний внешней среды; $AG = \{ag_1, \dots, ag_n\}$ – конечное множество агентов, каждый из которых представлен моделью интеллектуального агента; $env: S \times A_{ag_1} \times \dots \times A_{ag_n} \rightarrow 2^S$ – функция поведения внешней среды, описывающая возможную реакцию среды на действия всех агентов системы.

В соответствии с [7], для реализации интеллектуальным агентом некоторого поведения, необходимым условием является наличие у него компонент, непосредственно воспринимающих воздействия внешней среды (рецепторы) и исполнительных органов, воздействующих на среду (эффекторы), а также процессора – блока переработки информации и памяти. Под памятью здесь понимается способность агента хранить информацию о своем состоянии и состоянии среды.

Рецепторы воспринимают данные о среде, а также обеспечивают их первичную обработку и сохранение в памяти. Система рецепторов может контролировать входные данные путем сравнения их с ожидаемыми значениями.

Память агента обеспечивает хранение:

1) реакций агента на полученные рецепторами данные;

2) сведений о состоянии эффекторов;

3) сведений о наличии ресурсов.

Процессор выполняет объединение и обработку разнородных данных, а также выработку соответствующих реакций на воздействия среды в рамках имеющихся ресурсов.

Эффекторы обеспечивают воздействие на среду.

Источники ресурсов поставляют ресурсы, необходимые для деятельности агента. Объем имеющегося ресурса может влиять на поведение агента и принимаемые им решения. Предлагаемая модульная структура интеллектуального агента, обеспечивающая решение задач управления авариями, представлена на рис. 2.

Применение теории мультиагентных систем для управления авариями, инцидентами и пожарами видится следующим образом. По предприятию определенным образом расставляются некоторое количество вычислителей, соединенных с сетью датчиков и сетью эффекторов. Между такими вычислителями (агентами) налаживаются линии связи, обеспечивающие их совместное функционирование. Каждый из вычислителей снабжен модельным обеспечением, позволяющим решать поставленные перед агентом задачи.

Таким образом, система будет включать следующие элементы:

1) систему датчиков различных типов;

2) систему элементов, воздействующих на аварийную ситуацию (средства водяного пожаротушения, порошкового пожаротушения, вытяжная вентиляция, приточная вентиляция и т.д.);

3) набор интеллектуальных агентов;

4) диспетчерский пульт.

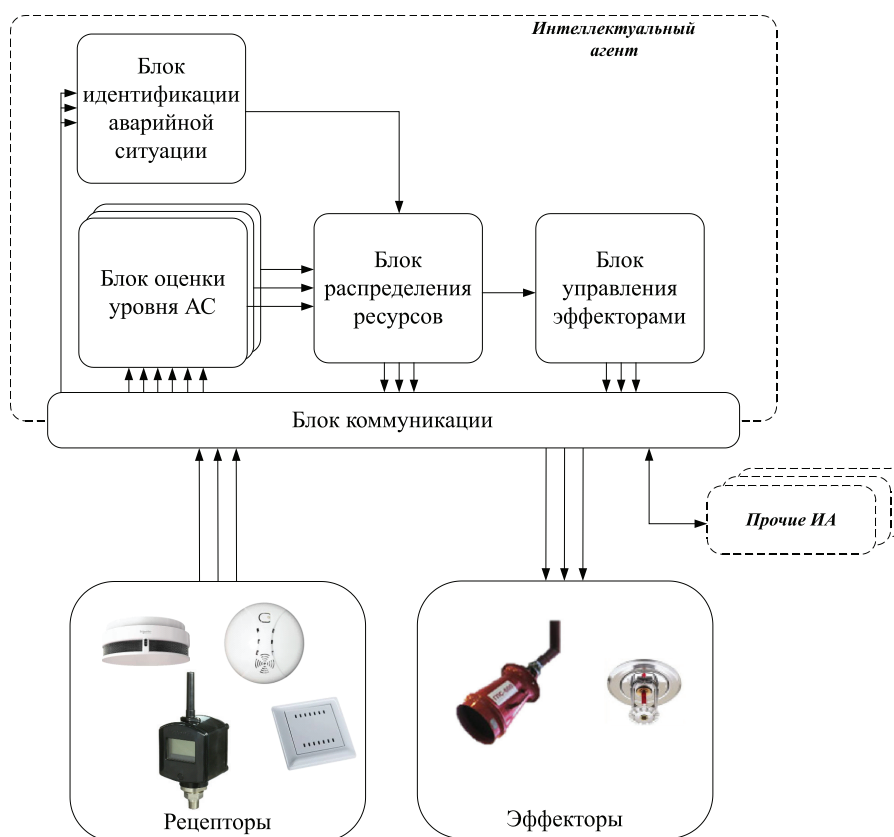


Рис. 2. Модульная структура интеллектуального агента

Работу системы может контролировать оператор.

Датчики различных типов, как и в рассмотренном выше варианте, служат для сбора характеристик с определенной дискретностью: температуры, состава воздуха и т.д. При этом данные с датчиков передаются не только на управляющий пульт или в специализированную телеметрическую сеть, но и интеллектуальным агентам.

Архитектура интеллектуального агента

На рис. 3 представлена обобщенная информационная инфраструктура предприятия, построенная на основе интеллектуальных агентов предложенного типа.

В рамках такой архитектуры интеллектуальный агент может получать сведения от любых датчиков, входящих в его информационный охват, таким образом, один и тот же датчик может «делиться информацией» с несколькими интеллектуальными агентами, в то же время управление элементами, воздействующими на аварийную ситуацию, является монопольным.

Оператор с диспетчерским пультом в таком случае также может быть рассмотрен как интеллектуальный агент, с тем лишь

отличием, что его информационная зона равна всему предприятию в целом и он может в монопольном режиме осуществлять управление элементами, воздействующими на идентифицированную аварию.

Следует отметить, что увеличение информационной зоны отдельного агента, с одной стороны, увеличивает его осведомленность и возможности по управлению, но с другой стороны – геометрически увеличивает количество обрабатываемой им информации, что может привести к значительным временным задержкам в управлении аварийными ситуациями и снижением эффективности управления ими.

Для выбора эффективной в некотором смысле информационной зоны интеллектуального агента должно браться в учет следующее неравенство:

$$t_{\text{обр.инф}}(N_{\text{дат}}, N_{\text{уу}}) \ll t_{\text{min разв.АС}}$$

т.е. время обработки информации как функция от количества датчиков, входящих в информационную зону, и количества управляющих устройств, входящих в эффекторную зону, должно быть значительно меньше минимального времени развития аварии, подлежащей управлению.

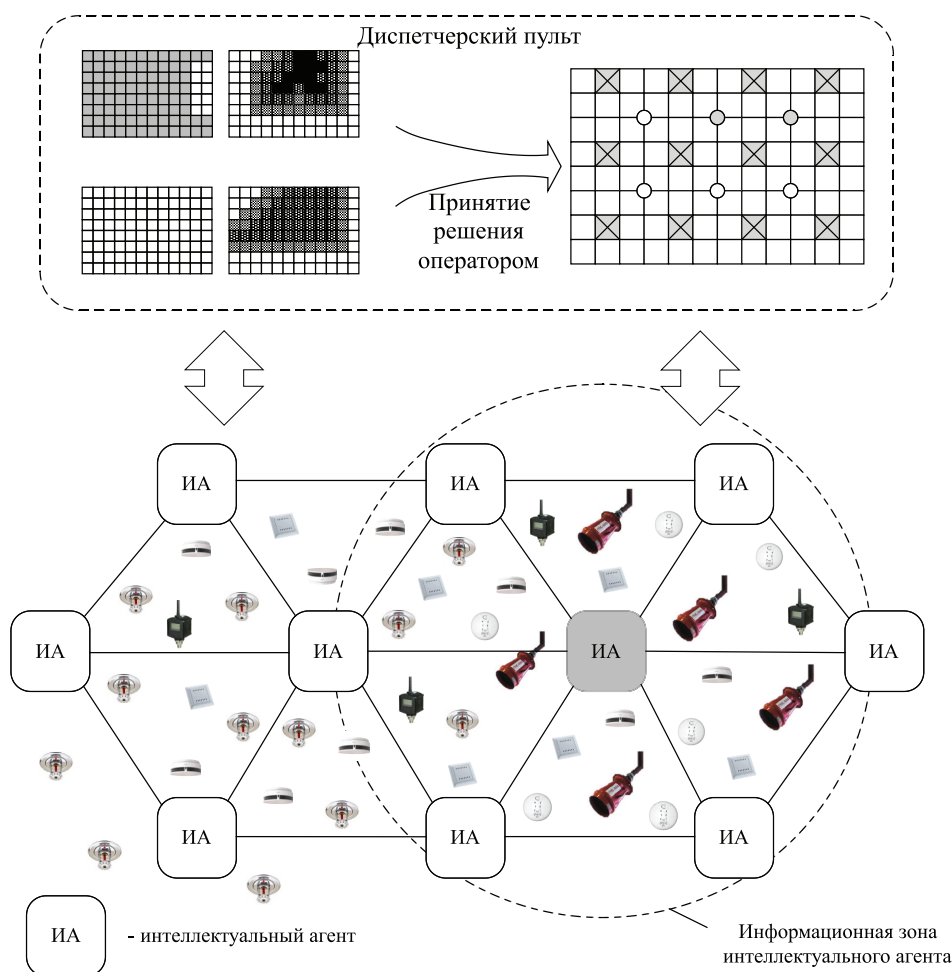


Рис. 3. Обобщенная информационная инфраструктура предприятия, построенная на основе интеллектуальных агентов

При этом, в случае выхода оператора или пульта управления из строя либо потери с ним связи, МАС должна обеспечить автономное управление аварией: её локализацию (по возможности) и устранение. Для этого интеллектуальный агент должен иметь возможность решать следующие задачи:

- 1) идентификация отсутствия оператора или его неспособности принять решение;
- 2) идентификация «выбытия» интеллектуального агента;
- 3) саморегулирование по ресурсам;
- 4) захват эффекторов после выбытия предыдущего управлявшего ими агента;
- 5) распределение единого для всех агентов ресурса (например, давление воды в системе водяного пожаротушения);
- 6) идентификация получения некорректных данных от датчиков.

К основным задачам интеллектуального агента можно отнести:

- 1) непрерывный мониторинг состояния предприятия по комплексу параметров, получаемых от датчиков (детекторов);
- 2) идентификацию предпосылок к возникновению аварии;
- 3) выбор стратегии борьбы с аварией;
- 4) определение управляющих решений по предотвращению или борьбе с аварией;
- 5) контроль исполнения управляющих решений и их эффективности.

Заключение

Предложенный подход к построению интеллектуальной системы для управления пожарами, авариями и инцидентами на промышленных предприятиях на основе теории мультиагентных систем позволит обеспечить эффективное управление авариями, а также их предотвращение на ранних этапах за счет многократного увеличения возможностей системы по мониторингу состояния как предприятия в целом, так и отдельных его частей.

Предложенный подход позволит нивелировать воздействие рисков, определяемых классической информационной инфраструктурой предприятий, на решение задач предотвращения аварий и устранения их последствий.

Рассмотренная модель интеллектуального агента отличается наличием единых для всех ИА рецепторов и эффекторов. При этом рецепторы передают информацию широкотельно и принятие решения о её обработке зависит от самого интеллектуального агента. Эффекторы же, наоборот, приданы конкретным интеллектуальным агентам, но интеллектуальный агент может передавать часть эффекторов или даже все эффекторы тем интеллектуальным агентам, которые выбираются с применением способа голосования ресурсами.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 16-37-60059.

Список литературы

1. Аляутдинов М.Р. Планирование и оперативное управление производством в MES-системе // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2009. – № 2. – С. 176–178.
2. Ахтулов А.Л., Любаков А.Е., Ахтулова Л.Н., Иванова Л.А. Особенности построения при автоматизации проектирования систем пожаротушения на распределенных объектах // ОНВ. – 2013. – № 3 (119). – URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-postroeniya-pri-avtomatizatsii-proektirovaniya-sistem-pozharotusheniya-na-raspredelennykh-obektakh> (дата обращения: 19.09.2016).
3. Бугайченко Д.Ю. Разработка и реализация методов формально-логической спецификации самонастраивающихся мультиагентных систем с временными ограничениями: дис. ... канд. физ.-мат. наук. Санкт-Петербургский гос. университет. – СПб., 2007.
4. Ерыгин В.В. Обеспечение пожарной безопасности зданий и сооружений предприятий сервиса // ТТПС. – 2011. – № 16. – URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/obespechenie-pozharnoy-bezopasnosti-zdaniy-i-sooruzheniy-predpriyatij-servisa> (дата обращения: 19.09.2016).

5. Качанов С.А., Прошляков М.Ю. Система комплексного управления безопасностью промышленного предприятия // Технологии гражданской безопасности. – 2015. – № 3. – С. 32–39.

6. Таможнев А.С. Внедрение ERP-систем для управления производственной и сбытовой деятельностью мясоперерабатывающих предприятий // Известия НВ АУК. – 2012. – № 4. – С. 240–245.

7. Тарасов В.Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология, информатика. – М.: Эдиториал УРСС, 2002. – 352 с.

References

1. Aljautdinov M.R. Planirovanie i operativnoe upravlenie proizvodstvom v MES-sisteme [Planing and operation control of a production with a MES-system] // Vestnik MGUL Lesnoj vestnik. 2009. no. 2 pp. 176–178.

2. Ahtulov Aleksey Leonidovich, Ljubakov Aleksandr Evgenovich, Ahtulova Ljudmila Nikolaevna, Ivanova Ljudmila Alekseevna Osobennosti postroeniya pri avtomatizatsii proektirovaniya sistem pozharotusheniya na raspredelennykh obektakh // ONV. 2013. no. 3 (119). URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-postroeniya-pri-avtomatizatsii-proektirovaniya-sistem-pozharotusheniya-na-raspredelennykh-obektakh> (data obrashheniya: 19.09.2016).

3. Bugajchenko D.Ju. Razrabotka i realizacija metodov formalno-logicheskoy specifikatsii samonastroyajushhsja multiagentnykh sistem s vremennymi ogranichenijami [Development of the methods of a formal-logical specification of a self-tuned multi-agent systems with a time limit]: Ph.D. thesis. Sankt-Peterburg State University, Sankt-Peterburg, 2007.

4. Erygin V.V. Obespechenie pozharnoj bezopasnosti zdaniy i sooruzhenij predpriyatij servisa // ТТПС. 2011. no. 16. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/obespechenie-pozharnoy-bezopasnosti-zdaniy-i-sooruzheniy-predpriyatij-servisa> (data obrashheniya: 19.09.2016).

5. Kachanov S.A., Proshljakov M.Ju. Sistema kompleksnogo upravleniya bezopasnostju promyshlennogo predpriyatija // Tehnologii grazhdanskoj bezopasnosti. 2015. no. 3 pp. 32–39.

6. Tamozhnev A.S. Vnedrenie ERP-sistem dlja upravleniya proizvodstvennoj i sbytovoj dejatel'nostju mjasopererabatyvajushih predpriyatij [Installation of a ERP for production control] // Izvestija NV AUK. 2012. no. 4 pp. 240–245.

7. Tarasov V.B. Ot mnogoagentnykh sistem k intellektualnym organizacijam: filosofija, psihologija, informatika. [From multi-agent systems to intelligent organizations: philosophy, psychology, informatics] M.: Editorial URSS, 2002. 352 p.