



ОТКРЫТАЯ НАУКА
ИЗДАТЕЛЬСТВО

Международный журнал информационных технологий и
энергоэффективности

Сайт журнала: <http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



НЕЧЕТКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫМ ПОЖАРОТУШЕНИЕМ

Чепиков А.М.

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет МЭИ» в г. Смоленске, Россия (214013, г. Смоленск, Энергетический проезд, дом 1); e-mail: a.m.chepikov@yandex.ru

В статье предложена нечёткая модель поведения интеллектуального агента, управляющего пожаротушением. В отличие от существующих средств пожаротушения, модель отличается локальным применением средств пожаротушения, распределяет имеющиеся ресурсы для пожаротушения пропорционально величине угрозы, имеет возможность «делиться» ресурсами для тушения пожаров со смежными интеллектуальными агентами. Эффективность модели определяется снижением площади помещений, затронутой пожаром или пострадавших от средств пожаротушения (например, затопленных водой).

Ключевые слова: интеллектуальное поведение агента, способ управления огнем, пожаротушение, нечёткая модель.

FUZZY MODEL FOR A LOCAL FIRE EXTINGUISHING CONTROL

Chepikov A.M.

The Branch of Federal state budgetary educational institution of higher education "National research University Moscow power engineering Institute" in Smolensk, Russia (214013, Smolensk, Energeticheski proezd, 1); e-mail: a.m.chepikov@yandex.ru

The article considers a fuzzy intelligent agent behavior model that controls fire fighting. In contrast to existing fire extinguishing means the model is notable for local application of fire extinguishing means. It allocates available firefighting resources in proportion to the rate of the threat and is able to "share" firefighting resources with allied intelligent agents. Effectiveness of the model is determined by reduction of the area affected by the fire or damaged by fire extinguishing means (e.g. flooded).

Keywords: intelligent agent behavior, method of fire extinguishing control, fire suppression, fuzzy model.

Современные технологии пожаротушения на промышленных предприятиях представляют собой сложные системы, зачастую, объединяющие и интегрирующие данные от множества систем: контроля над опасными производственными объектами [1, 2], экологического мониторинга, ERP [3] и MES-систем [4]. Однако, такая консолидация, как

правило, заключается на отдельные части единого пульта управления или диспетчерского пульта предприятия.

Зачастую, 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 [5].

Однако, такая структура, зачастую, не позволяет своевременно идентифицировать, проанализировать, локализовать и устранить аварию или пожар на этапе их зарождения или начальных этапах развития. Основными рисками подобного подхода к построению системы для борьбы с авариями являются: гибель оператора, повреждение пульта управления пожаром, повреждение связей между пультом и датчиками.

Для устранения указанных недостатков, в [5] предложен подход к построению системы пожаротушения на основе интеллектуальных агентов и приведена структура таких агентов. В настоящей статье предлагается модель поведения этих агентов, обеспечивающая возможность построения сложных мультиагентных систем.

Задача адресного тушения пожара

В настоящее время хорошо изученными являются вопросы развития пожаров, моделирования возгораний и работы средств пожаротушения [6, 7, 8].

Рассмотрим задачу тушения пожара с учетом следующих ограничений.

1. Тушение пожара происходит в помещении, оборудованном водяной системой пожаротушения.

2. Вода к сплинкерам подводится по нескольким независимым трубам с определенной одинаковой пропускной способностью.

3. По помещению распределены температурные датчики.

4. В помещении работает человек, который должен эвакуироваться в случае возникновения пожара.

5. Сплинкеры могут управляться независимо.

6. Управление сплинкерами осуществляется интеллектуальными агентами, в помещении одновременно работает несколько интеллектуальных агентов.

Задача состоит в определении такого набора управляющих воздействий для сплинкеров, которые позволят эвакуировать человека, потушить пожар и нанести минимальный урон (огнем или водой) находящемуся в помещении имуществу. Обобщенно, модель такого помещения приведена на рисунке 1:

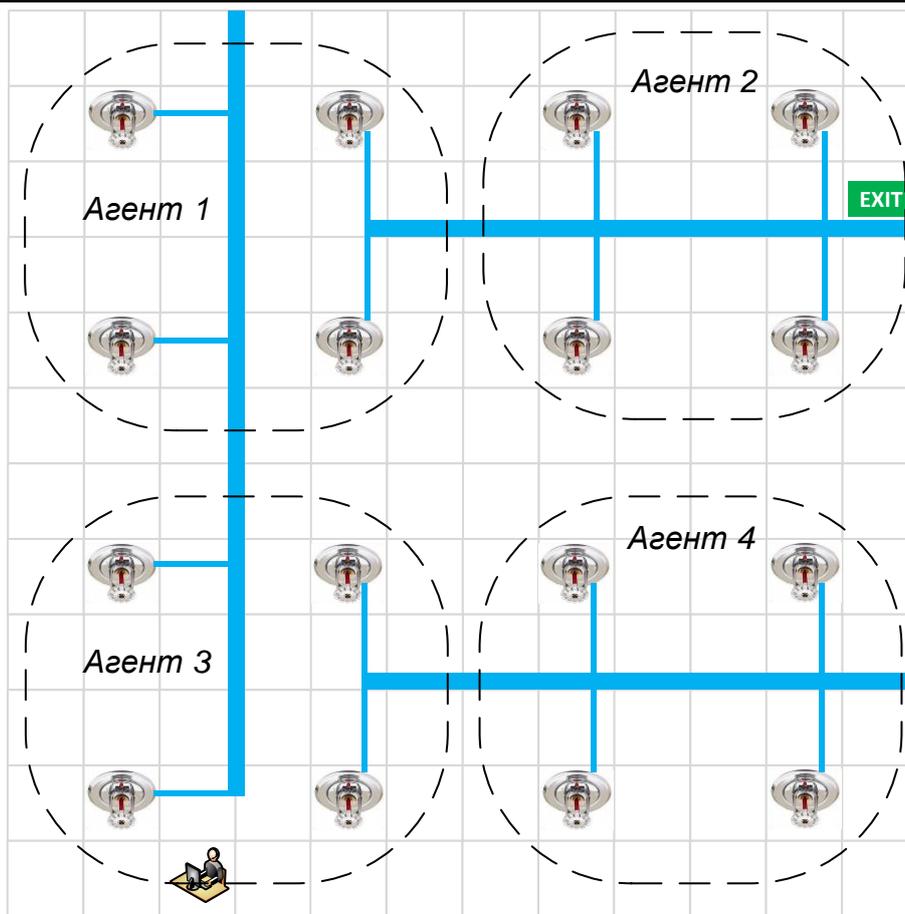


Рисунок 1 – Обобщенная модель помещения

Структура нечёткой модели поведения интеллектуального агента

Для решения указанной задачи разработана нечеткая модель поведения интеллектуального агента, представленная на рисунке 2. Структура модели напоминает структуру нейро-нечёткого классификатора, однако, построение модели осуществляется не на основе нечётких продукционных правил, а на основе сведений о реальной системе пожаротушения.

Представленная структура модели состоит из 5 слоев.

Слой 1. На вход модели подается матрица нормированных температур t и матрица путей эвакуации человека m .

Слой 2. На вход 2 слоя подаются значения матрицы принадлежности температур и матрицы эвакуации человека. Элементы слоя реализуют операцию S-нормы:

$$S(t, m) = \begin{cases} \max(t, m), & \min(t, m) = 1 \\ 1, & \min(t, m) > 0 \end{cases}$$

где t – значение матрицы нормированных температур, m – значение матрицы эвакуации человека.

Данный слой предназначен для получения матрицы тушения. Эта матрица имеет размер, совпадающий с размером помещения. Каждый элемент матрицы имеет значение в нечётком диапазоне $[0, 1]$, характеризующей уровень тушения рассматриваемого участка помещения.

Слой 3 обеспечивает учет подводящих труб системы пожаротушения. Каждая труба представлена отдельным элементом слоя 3. На вход каждого элемента подаются значения элементов слоя 2 из области, тушение которой обеспечивается рассматриваемой трубой. В элементе слоя выполняется операция среднего взвешивания. Выходом данного слоя является нормированный расход воды с трубы. При выполнении операций среднего взвешивания, желательно использовать операции, ограничивающие рост неопределенности, описанные в [9, 10].

Слой 4 служит для перераспределения ресурсов между агентами в рамках одной трубы. Если от одной трубы поступает вода сразу на несколько интеллектуальных агентов, они должны распределить ресурсы между собой. Для этого, на слой 4 подаются значения нормированного расхода воды из трубы всех агентов, в которые поступает вода от этой трубы. На выходе 4 слоя получается нормированное выделяемое интеллектуальному агенту количество воды, рассчитываемое средним взвешиванием нечетких значений. Количество элементов слоя соответствует количеству труб для подачи воды.

Слой 5. Обеспечивает управление сплинкерами пропорционально силе горения с учётом выделяемого ресурса трубы. Для этого на вход слоя подаются результаты работы 2 и 4 слоев модели. Количество элементов 5 слоя соответствует количеству сплинкеров.

На рисунке 2, представлена, нечёткая модель поведения интеллектуального агента.

Способ применения нечёткой модели

Процедура использования предложенной модели включает в себя следующие этапы.

Этап 1. Получение матрицы температур.

Данная матрица находится путем сбора данных с температурных датчиков, и дальнейшего их нормирования к величинам $[0, 1]$. При этом предполагается, что количество датчиков не позволяет контролировать точно температуру на каждом участке помещения, поэтому для получения температуры допускается применение операций аппроксимации. Полученные нормированные значения являются неточными, в связи с чем, их целесообразно представлять, нечёткими числами, например, треугольного вида.

Этап 2. Получение матрицы пути эвакуации человека.

Матрица пути эвакуации человека может быть построена с использованием волнового алгоритма. На первом шаге запускается волна от места нахождения человека к запасному выходу. При этом все препятствия и горящие участки считаются непроходимыми. Полученный путь является оптимальным, однако, в условиях пожара, не всякий человек сможет пройти таким оптимальным маршрутом. В критических ситуациях, человек склонен к панике, может наступить дезориентация. Для того чтобы учесть возможные направления движения человека в условиях психологического давления, полученный на предыдущем шаге четкий путь движения следует «размыть». При этом значение ячейки в матрице движения будет ассоциироваться с возможностью прохождения человеком указанного квадрата. Эти значения также могут быть представлены нечёткими числами треугольной формы.

Этап 3. Функционирование нечёткой модели поведения интеллектуального агента.

Работа нечёткой модели представляет собой следующую последовательность шагов:

Шаг 1. На вход модели подаются полученные на этапах 1 и 2 матрицы.

Шаг 2. Получение матрицы тушения.

Шаг 3. Расчет необходимого расхода воды из трубы.

Шаг 4. Распределение ресурсов трубы между агентами пропорционально их потребности.

Шаг 5. Формирование уровня выходного управляющего воздействия для каждого сплинкера.

Предложенная модель предполагает периодический пересчет управляющих воздействий в зависимости от динамики развития пожара и положения человека.

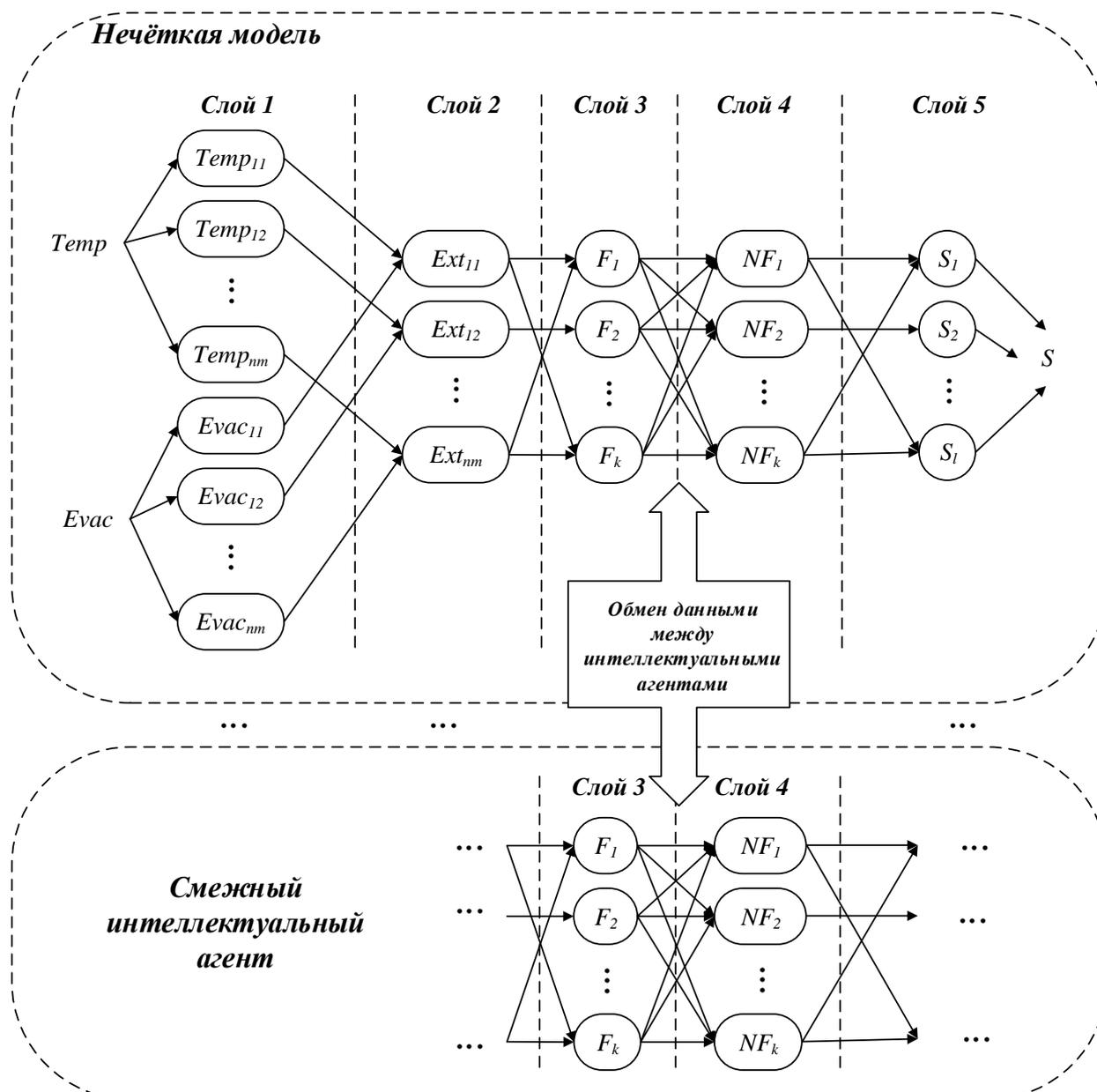


Рисунок 2 – Нечёткая модель поведения интеллектуального агента

Пример применения нечёткой модели

Для апробации предложенной модели была разработана программа, в рамках которой пользователю предоставляется возможность задать:

1. структуру помещения;

2. положение очагов пожара;
3. положение человека;
4. положение сплинкеров и их характеристики;
5. задать трубы водоснабжения, их характеристики и связать сплинкеры с этими трубами.

В качестве примера рассматривалось помещение (склад) 6 м² шириной и 36 м² длиной (общая площадь 216 м²), в котором хранится линолеум с температурой возгорания 480-500 °С. На складе установлена система пожаротушения, включающая 24 сплинкера, запитанные 3 трубами подачи воды. Сплинкер тушит площадь размером 2*2 м². Сплинкеры управляются четырьмя интеллектуальными агентами. На складе работает кладовщик, который имеет свое рабочее место. В результате нарушения мер противопожарной безопасности, на складе возникает возгорание. На рисунке 3 отражен момент начала пожара. Отмечены охваченные огнем площади и место положения кладовщика.

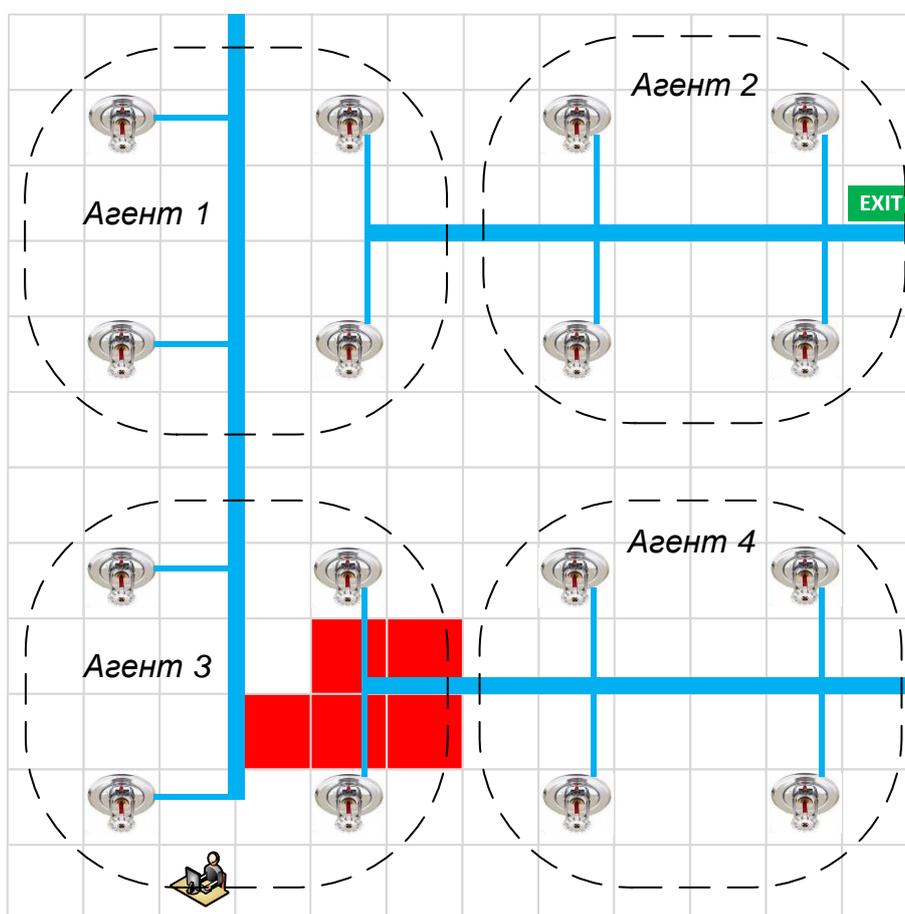


Рисунок 3 – Пример момента начала пожара

В соответствии с [11] для упрощения моделирования предполагаем наличие данных о температуре каждого квадратного метра склада. При наличии в соседней клетке огня, рассматриваемая клетка начинает постепенно нагреваться. Клетка воспламеняется при достижении ей температуры воспламенения линолеума. Также предполагаем, что склад не имеет системы вентиляции и огонь распространяется равномерно по всем направлениям.

слой 4 для трубы 1 подается значение слоя 3, рассчитанное агентом 3, а для трубы 2 – значение слоя 3, рассчитанное агентом 2. В результате получаем требуемый расход воды для интеллектуального агента (таблица 2).

Таблица 2 – Требуемый расход воды для интеллектуального агента

№ Трубы	№ Интеллектуального агента			
	1	2	3	4
1	0	X	0.256	X
2	0	0.7	X	X
3	X	X	1.078	1.911

В результате, мы получаем нормированное количество воды, предназначенное для интеллектуального агента (таблица 3).

Таблица 3 – Нормированное количество воды, выделяемое на интеллектуального агента

№ Трубы	№ Интеллектуального агента			
	1	2	3	4
1	0	X	1	X
2	0	1	X	X
3	X	X	0.361	0.639

На основании полученных нормированных значений выделяемых на интеллектуального агента, рассчитываем количество воды, поступающее на сплинкеры (таблица 4).

Таблица 4 – Количество воды, поступающее на сплинкеры

Номер сплинкера по строке	Номер сплинкера по столбцу			
	1	2	3	4
1	0	0	0	0.144
2	0	0	0	0.556
3	0	0.074	0.227	0.201
4	1	0.287	0.201	0.010

Моделирование проводилось пошагово. За один шаг температура горящих клеток росла на 10%, человек передвигался на 1 клетку. В результате моделирования получены следующие результаты:

Площадь, пострадавшая от пожара: 144 м²;

Площадь, пострадавшая от тушения: 81 м²;

Площадь, не затронутая ни пожаром, ни тушением: 63 м²;

При этом использовании классических систем пожаротушения, вся площадь склада будет зависеть от воды, таким образом, 36.8% склада было сохранено.

Предложенная нечёткая модель поведения интеллектуального агента, управляющего пожаротушением, отличается локальным применением средств пожаротушения, распределяет имеющиеся ресурсы для пожаротушения пропорционально величине угрозы, имеет возможность «делиться» ресурсами для тушения пожаров со смежными интеллектуальными агентами. Эффективность модели определяется снижением площади помещений, затронутой пожаром или пострадавших от средств пожаротушения (например, затопленных водой).

Предложенная модель обеспечивает работу только с одним средством пожаротушения – водяным и не учитывает возможного наличия порошковых огнетушителей и прочих средств. В будущих работах планируется разработать модель интеллектуального агента, комплексно управляющего различными типами средств пожаротушения. Такая система должна учитывать возможность применения тех или иных средств пожаротушения в отдельных зонах помещения. Например: использовать порошковые огнетушители в зоне нахождения человека нельзя, а тушение высокотемпературных пожаров водой запрещено. Кроме того, должны быть развиты механизмы моделирования возгорания, которые позволят прогнозировать движение огня и прокладывать путь эвакуации по безопасным траекториям с учетом динамики пожара.

Список литературы

1. Acevedo, M.F. Real-Time Environmental Monitoring: Sensors and Systems, CRC Press, 2015.
2. Campbell, M., Sensor Systems for Environmental monitoring, Blackie Academic & Professional, 1997.
3. Bradford, M. Modern ERP: Select, Implement, & Use Today's Advanced Business Systems, 2015.
4. Kletti, J. Manufacturing Execution Systems – MES. Springer, 2007.
5. Сеньков, А.В. Андреева, О.Н. Подход к созданию интеллектуальной системы для контроля пожаров, аварий и инцидентов на промышленных предприятиях на основе теории многоагентных систем// *Фундаментальные исследования*. – 2016. – № 10-3. –с. 560-565; URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=40895>.
6. Baum, H . R . Analysis of the Pressure Rise in Sealed Magazine Fires. National Bureau of Standards, Gaithersburg, 1987.
7. Levine, R.S. Mathematical Modeling of Fires. National Bureau of Standards, 1980.
8. Rehm, R.G. McDermott, R.J. Mathematical Modeling of Wildland-Urban Interface Fires, *Monografías de la Real Academia de Ciencias de Zaragoza* 34, 105–142.
9. Федулов, А.С. Вид взаимодействия нечётких чисел, ограничивающих рост неопределенности при выполнении операций нечёткой арифметики // *Вестник МЭИ*, № 1, 2006. – с. 101–110.
10. Федулов, А.С. Работа с нечёткими числами. // *Нейрокомпьютеры: разработка, применение*, № 1, 2007. – с. 37–46.
11. Чепиков, А.М. Алгоритм моделирования пожара в помещении. // *Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности*. – 2016. – Том 1 №2 с. 39-43 URL: <http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/article/view/11/pdf>.

References

1. Acevedo, M.F. Real-Time Environmental Monitoring: Sensors and Systems, CRC Press, 2015.
2. Campbell, M., Sensor Systems for Environmental monitoring, Blackie Academic & Professional, 1997.

3. Bradford, M. Modern ERP: Select, Implement, & Use Today's Advanced Business Systems, 2015.
 4. Kletti, J. Manufacturing Execution Systems – MES. Springer, 2007.
 5. Senkov, A.V., Andreeva, O.N. 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 // Fundamental Research. – 2016. – № 10-3. – pp. 560-565; URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=40895>.
 6. Baum, H . R . Analysis of the Pressure Rise in Sealed Magazine Fires. National Bureau of Standards, Gaithersburg, 1987.
 7. Levine, R.S. Mathematical Modeling of Fires. National Bureau of Standards, 1980.
 8. Rehm, R.G. McDermott, R.J. Mathematical Modeling of Wildland-Urban Interface Fires, Monografías de la Real Academia de Ciencias de Zaragoza 34, 105–142.
 9. Fedulov, A.S. The type of interaction of fuzzy numbers limiting increase of uncertainty when performing operations of fuzzy arithmetics // MPEI bulletin, № 1, 2006. – pp. 101–110.
 10. Fedulov, A.S. Steady operation of accumulation of fuzzy numbers // Neurocomputers: development, application, № 1, 2007. – pp. 37–46.
 11. Chepikov, A.M. Indoors fire modeling algorithm // International journal on information technologies and energy efficiency. – 2016. – Issue 1 №2 pp. 39-43 URL: <http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/article/view/11/pdf>.
-