

УДК 004.8

ПОКАЗАТЕЛЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ МНОГОАГЕНТНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

А.В. Смирнов*Академия ГПС МЧС России*

Россия, 129366, Москва, Бориса Галушкина ул., 4

E-mail: a_smirnov8@mail.ru**Р.Ш. Хабибулин***Академия ГПС МЧС России*

Россия, 129366, Москва, Бориса Галушкина ул., 4

E-mail: kh-r@yandex.ru**Д.В. Тараканов***Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России*

Россия, 153040, Иваново, Строителей пр-т, д. 33

E-mail: den-pgs@yandex.ru

Ключевые слова: многоагентные технологии, пожарная безопасность, система управления, распределение ресурсов, объекты промышленности.

Аннотация: Проведена интервальная оценка эффективности разработанной информационной системы, предназначенной для решения задач перспективного планирования распределения ресурсов обеспечения пожарной безопасности предприятий промышленности. Определены и обоснованы границы использования разработанной информационной системы, разработан количественный показатель и нормализованный критерий для оценки эффективности МАС. Разработанный алгоритм позволяет проводить как численную, так и интервальную оценку эффективности применения МАС в задачах распределения ресурсов.

1. Введение

При управлении распределением ресурсов для целей пожарной безопасности предприятия как социально-экономической системой предлагается использовать технологию многоагентных систем (МАС) [1], позволяющую выстроить взаимодействие подразделений предприятия (агентов), влияющих на уровень пожарного риска (на общий уровень обеспечения пожарной безопасности) и распределение ресурсов.

Необходимо отметить, что задача распределения ресурсов при управлении предприятиями неоднократно являлась предметом научных исследований [2, 3], но задача распределения ресурсов для целей пожарной безопасности в рамках данных работ не рассматривалась.

Исследование эффективности применения разработанной многоагентной системы [4] проводится для определения границ ее применения в задачах перспективного планирования распределения ресурсов для обеспечения пожарной безопасности предприятий, что является необходимым условием для формирования практических рекомендаций по внедрению разработанных теоретических положений в процесс управления ресурсами социально-экономических систем.

Методическая составляющая процедуры оценки эффективности МАС базируются на принципах сравнения, имеющихся вариантов принятия решений с учетом дуалистической природы рассматриваемой управленческой задачи, заключающейся в возможном одновременном изменении количества агентов и вариантов в анализируемой системе. Для реализации сравнений необходимо иметь объективный количественный критерий эффективности, оценки по которому рассматриваемых вариантов позволяют сделать однозначный вывод о возможности применения МАС. В свою очередь оценки по критерию эффективности могут быть получены различными способами, поэтому при анализе эффективности МАС необходимо выделить три подхода: 1 – мнение экспертов; 2 – анализ опыта принятия решений; 3 – математическое (численное) моделирование.

Определение границ применения МАС является теоретической задачей исследования для решения которой необходимо провести обоснованный выбор подхода к оценке эффективности многоагентной системы, сформулировать и доказать теоретическую гипотезу на основе которой применение МАС при решении практических задач будет считаться обоснованным; разработать количественный показатель для оценки эффективности МАС.

Количественная оценка эффективности МАС возможна лишь на основе усеченного массива исходных данных, сгенерированных в рамках опытно-теоретической модели исследования, поэтому для индукции полученных результатов в методики количественной оценки МАС необходимо разработать модель показателя эффективности в зависимости от исходных параметров многоагентной системы поддержки принятия решений.

2. Разработка показателя эффективности МАС

Результатом опытно-теоретического метода исследования эффективности МАС в задачах перспективного планирования распределения ресурсов для обеспечения пожарной безопасности является совокупность чисел N_+ – случаи, когда применение МАС было обоснованным и N_- – случаи, когда применение МАС не дало необходимого результата. Поэтому рассмотрим количественный показатель $Sab = N_+$ который будет определен как общее количество случаев положительного применения МАС в одном теоретическом опыте. Тогда исходя из постановки задачи исследования следует, что область допустимых значений показателя $Sab \in [0; 100]$. Значение $Sab=0$ наблюдается в тех случаях, когда из N испытаний количество положительных испытаний равно нулю $N_+ = 0$, в свою очередь количество отрицательных испытаний $N_- = N = 100$. Значение $Sab=100$ определяет обратную ситуацию, когда среди испытаний N все они были положительными, то есть $N_+ = N$, а $N_- = 0$. Следовательно, эффективность МАС в задачах перспективного планирования распределения ресурсов, прямо пропорциональна значениям показателя Sab . Область допустимых значений показателя Sab позволяет исследовать его как случайную величину.

2.1. Теоретическая гипотеза

Количество случаев ошибочного принятия решений на 100 случаев имитации будем считать показателем результативности применения количественного показателя Sab , следовательно, чем выше значение показателя Sab , тем выше необходимость применения компьютерной системы для принятия решений по распределению ресурсов в многоагентной системе.

В рамках моделирования проводилось 10000 имитационных испытаний для каждого из сочетаний случаев 3, 4, ..., 10 агентов и 3, 4, ..., 10 вариантов распределения ресурса, каждое сочетание агентов и вариантов испытывалось 100 раз.

Для прогнозирования значения показателя Sab введем допущение, состоящее в том, что количество случаев ошибочного принятия решений может быть рассмотрено как непрерывная случайная величина, подчиняющаяся нормальному закону распределения.

Выдвинем нулевую гипотезу H_0 – показатель Sab подчиняется нормальному закону распределения; H_1 – показатель Sab не подчиняется нормальному закону распределения.

Рассмотрим дискретную случайную величину ρ – количество случаев ошибочного принятия решений по распределению ресурсов в многоагентной системе без учета ранжирования вариантов на основе показателей относительной важности агентов. Данная случайная величина принимает свои значения из множества натуральных чисел, то есть 1, 2, 3 ... Тогда при исследовании данной случайной величины необходимо определить ее непрерывный аналог в соответствии с теоретической гипотезой о выбранном законе ее распределения. Для доказательства данной гипотезы будем использовать классический подход теории вероятностей и математической статистики, предусматривающий применение критерия статистического согласия Пирсона [5].

2.2. Доказательство теоретической гипотезы

Пример доказательства гипотезы H_0 покажем на сочетании агенты-варианты как 7 на 7. Результаты опыта для задачи размерностью 7 на 7 в рамках вычислительного эксперимента представлены в таблице 1 где N_+ количество испытаний в которых был произведен верный выбор решения без применения разработанной МАС; N_- количество испытаний с неверным выбором решения в задаче распределения ресурсов, то есть верный выбор возможен только с применением МАС; $N = N_+ + N_-$ общее количество испытаний.

Теоретическая (нормальная) модель данных при $n \rightarrow \infty$ эмпирическая модель данных при $n = 10000$ испытаний.

Близость вариации случайной величины к 25% и достаточно хорошая сходимость теоретической и эмпирической модели данных и квадратов остатков данных от среднего, иллюстрируемые на рис. 1 и 2, позволяют приступить к формальной проверке гипотезы H_0 о нормальном распределении результатов вычислительного опыта.

Для проверки гипотезы H_0 воспользуемся критерием статистического согласия Пирсона χ^2 . Анализируя результаты опытно-теоретического исследования, иллюстрируемые на рисунке 3, можно сделать вывод, что достаточно высокие значения коэффициента детерминации R^2 позволяют сформировать экспоненциальную модель, определяющую количественную связь значений показателя Sab от количества вариантов Var при фиксированном количестве агентов и заданной вероятностью:

$$Sab = A \cdot \exp\left(\frac{Var}{B}\right) \sigma$$

где A и B – коэффициенты модели при фиксированном количестве агентов и заданной вероятности.

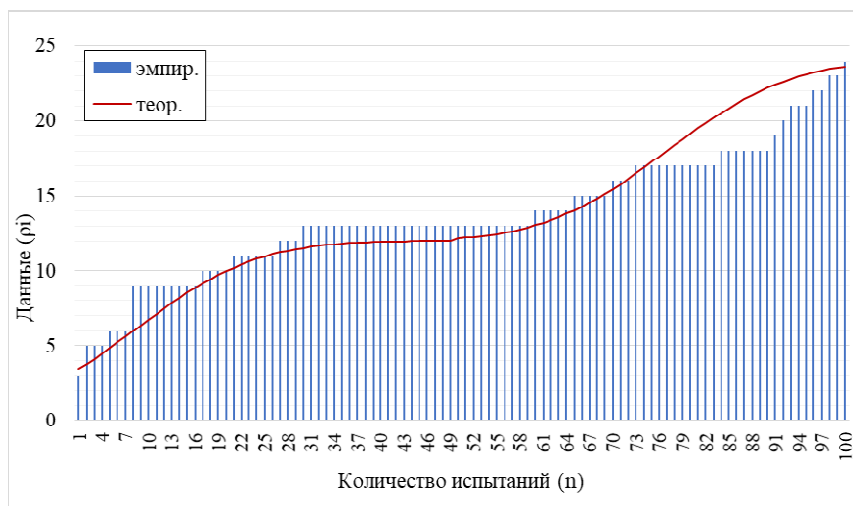


Рис. 1. Сопоставление теоретической и эмпирической модели данных.

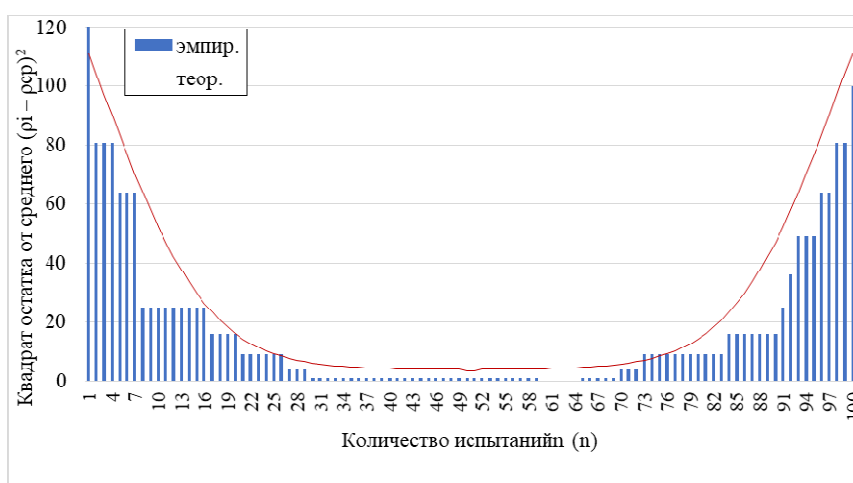


Рис. 2. Сопоставление теоретической и эмпирической модели квадратов остатков от разности данных и среднего.

Значения коэффициентов моделей A и B получены с применением процедур регрессионного анализа и представлены в таблице 1.

Таблица 1. Параметры модели.

Агенты		3	4	5	6	7	8	9	10
$P=0,50$	A	4	5	5	6	6	6	7	7
	B	10	10	9	9	8	7	7	6
$P=0,90$	A	5	5	6	6	6	7	7	7
	B	10	9	9	8	7	7	6	5
$P=0,99$	A	6	6	6	7	7	7	7	8
	B	10	9	8	8	7	6	5	5

Значения показателя эффективности при различных вероятностях представлены на рис. 3.

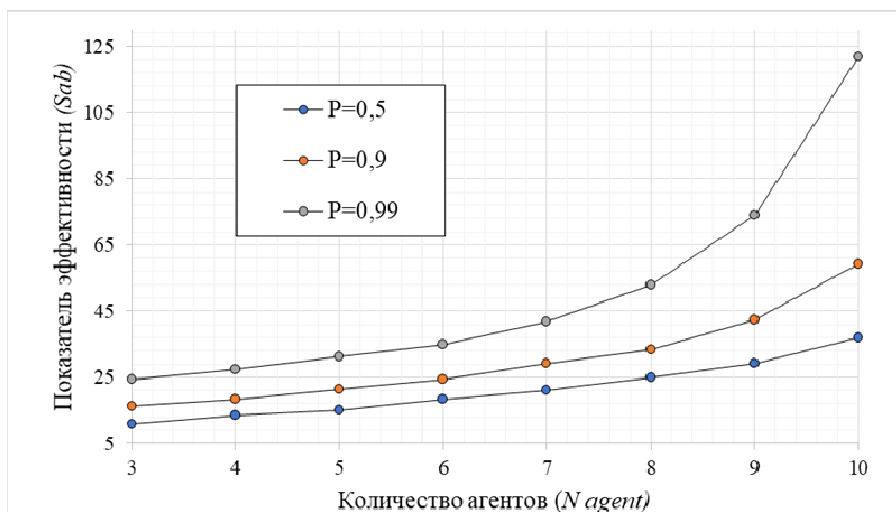


Рис. 3. Динамика показателя Sab в зависимости от количества агентов при 10 вариантах распределения ресурсов в МАС и вероятности P .

3. Заключение

Для определения границ применения разработанной многоагентной системы проведено исследование эффективности ее применения в задачах перспективного планирования распределения ресурсов для обеспечения пожарной безопасности предприятий промышленности, что является необходимым условием для формирования практических рекомендаций по внедрению разработанных теоретических положений в процесс управления ресурсами социально-экономических систем.

Проведен обоснованный выбор подхода к оценке эффективности информационной системы. Сформулирована и доказана теоретическая гипотеза, на основе которой применение МАС при решении практических задач будет считаться обоснованным. Разработан количественный показатель для оценки эффективности МАС.

Список литературы

1. Смирнов А.В., Хабибулин Р.Ш., Тараканов Д.В. Многоагентный метод анализа вариантов распределения ресурсов для обеспечения пожарной безопасности // Системы управления и информационные технологии, 2018. № 4(74). С. 83-88.
2. Семенкин Е.С., Клешков В.М. Модели и алгоритмы распределения общих ресурсов при управлении инновациями реструктурированного машиностроительного предприятия // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2006. № 3.
3. Maksimovic V., Phillips G. Do Conglomerate Firms Allocate Resources Inefficiently Across Industries? Theory and Evidence // The Journal of Finance. 2002. LVII (2).
4. Свидетельство Роспатента о государственной регистрации программы для ЭВМ №2018660019 от 18.08.2018 г. Программа для рационального распределения ресурсов в многоагентной системе управления пожарной безопасности на производственных объектах химической отрасли / Смирнов А.В., Хабибулин Р.Ш., Тараканов Д.В.; заявл. 20.07.2018, опубл. 15.08.2018.
5. Лемешко Б. Ю., Лемешко С. Б., Постовалов С. Н. Сравнительный анализ мощностей критериев согласия при близких конкурирующих гипотезах. I. Проверка простых гипотез // Сибирский журнал индустриальной математики. 2008. Т. 11. № 2(34). С. 96-111.