

Т.С. Станкевич, С.Ю. Бутузов, А.А. Рыженко
(Академия ГПС МЧС России"; e-mail: nadezdastan39@mail.ru)

ВЛИЯНИЕ РЕКОМЕНДАЦИЙ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕШЕНИЙ РУКОВОДИТЕЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРА

Доказан рост показателей эффективности решений руководителя тушения пожара, принимаемых с учётом рекомендаций системы информационно-аналитической поддержки управления.

Ключевые слова: пожар, морской порт, критерий эффективности.

T.S. Stankevich, A.A. Ryzhenko, S.Yu. Butuzov

IMPACT OF THE RECOMMENDATIONS OF A SYSTEM OF INFORMATION AND ANALYTICAL SUPPORT OF THE MANAGEMENT ON THE EFFECTIVENESS OF DECISIONS OF HEAD OF FIRE EXTINGUISHING

The increase of performance indicators of decisions of head of fire extinguishing made by taking into account the recommendations of system of information and analytical management support system has been proven.

Key words: fire, seaport, criterion of efficiency.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 23 сентября 2015 г.

Введение

Для *руководителей тушения пожара (РТП)*, с учётом особенностей принятия управленческие решения в морском порту при дефиците времени и неопределённости исходной информации, на базе нечётких нейронных сетей разработана система информационно-аналитической поддержки управления при тушении пожаров в морских портах [1].

Система информационно-аналитической поддержки управления формирует следующие управленческие решения в качестве рекомендаций для РТП:

- решение о *ранге пожара (РП)*;
- решение о режиме функционирования объекта;
- решение о *площади пожара (ПП)*;
- решение о *площади тушения пожара (ПТП)*;
- решение о распространении опасных факторов пожара в помещении (плотности *теплового излучения (ТИ)* и высоте расположения *нейтральной зоны (НЗ)*, характеризующей степень задымления);
- решения о выборе *оптимального пути спасения (ОПС)* людей из горящего здания.

В процессе оценки влияния рекомендаций данной системы на эффективность решений РТП в качестве критериев эффективности приняты:

- точность управленческих решений, то есть степень близости результата измерений к принятому эталонному значению (характеризуется совокупностью случайных и общей систематической погрешностью [2]);
- время формирования решений.

Оценка точности управленческих решений

Самым достоверным способом оценки эффективности управленческого решения РТП является натурный эксперимент. Организация натурального эксперимента такого типа предполагает создание специальных выверенных условий исследования и тщательного их контроля [3]. Требуемая достоверность результатов натурального эксперимента обеспечивается допустимой доверительной вероятностью, определяемой, в том числе, количеством серии контрольных и серии экспериментальных опытов. Причем обе серии опытов должны быть проведены при строго одинаковых начальных условиях, внешних воздействиях и подготовленности пожарных подразделений. В серии контрольных опытов РТП должен принимать решения самостоятельно, а в серии экспериментальных опытов – при поддержке системы информационно-аналитической поддержки управления при тушении пожаров в морских портах на базе нечётких нейронных сетей. Оценка эффективности решений РТП получается при сравнении полученных в сериях результатов с использованием выбранных критериев.

Для расчёта минимальной выборки параметров часто используется [4]:

$$N = \frac{t^2 \cdot \sigma^2}{\delta^2}, \quad (1)$$

где N – минимальный объём выборки;

t – коэффициент Стьюдента для доверительной вероятности;

σ – среднеквадратическое отклонение нормально распределённой генеральной совокупности;

δ – точность оценки математического ожидания a генеральной совокупности по выборочной средней.

Минимальный объём выборки, рассчитанный по формуле (1), для количественной информации составляет:

- для прогноза ПП и ПТП минимальный объём выборки должен быть не менее 124 экспериментов;

- для прогноза плотности ТИ в помещении – не менее 130 экспериментов;

- для прогноза высоты расположения НЗ в помещении – не менее 96 экспериментов.

Для оценки минимальной выборки качественной информации (РП, режима функционирования объекта и ОПС людей из горящего здания) не может быть применен метод, использованный для оценки количественных параметров. В таких случаях целесообразно сформировать минимальную выборку качественных параметров методом отбора типичных случаев [5]. Объём такой выборки должен быть ≥ 100 .

То есть для организации натурального эксперимента потребовалось бы провести не менее 130 опытов в каждой серии, что связано с расходом неприемлемого количества материальных средств и времени.

В данном случае для оценки эффективности принятого РТП решения более рационально использование экспертных методов на основе сформированной ранее базы решений экспертов в области пожаротушения. Смысл оценки состоит в сопоставлении решений из указанной базы с аналогичными решениями РТП из контрольной и экспериментальной групп, специально созданных для этой цели.

Эффективность принятых РТП решений оценивалась с использованием следующей процедуры:

1. Формировались одинаковые по составу и компетентности контрольная и экспериментальная группы РТП.

2. РТП контрольной группы принимали решения без использования системы информационно-аналитической поддержки управления при тушении пожаров в морских портах на базе нечётких нейронных сетей, а РТП экспериментальной группы – с учётом рекомендаций данной системы.

3. Полученные решения РТП контрольной и экспериментальной групп сравнивались с аналогичными решениями из базы, в результате чего определялась их точность.

4. Определялось и сравнивалось время принятия решения РТП контрольной и экспериментальной групп.

В ходе эксперимента РТП обеих групп оценивали ситуации, аналогичные содержащимся в базе, и принимали решения в минимально возможное для каждого из них время.

Для оценки эффективности решения РТП по критерию "точность управленческих решений" был создан компьютерный файл-сценарий *testingerrors.m*, позволяющий определить систематическую и случайную погрешности результата. В нём реализован алгоритм определения Δ^* – приращения средней относительной погрешности результатов решений РТП экспериментальной группы относительно контрольной.

Блок-схема данного алгоритма изображена на рис. 1, где $\delta_{абс\kappa}^{ij}$, $\delta_{абс\varepsilon}^{ij}$ – абсолютная погрешность результатов решений РТП групп; $x_{\varepsilon m}^i$ – эталонное значение решения для i -го объекта; $x_{изм\kappa}^{ij}$, $x_{изм\varepsilon}^{ij}$ – результат решения j -го РТП групп; $i = 1 \dots m$ – номер объекта; $j = 1 \dots n$ – номер РТП в группе; $\delta_{абс\kappa}^{cp}$, $\delta_{абс\varepsilon}^{cp}$ – средняя абсолютная погрешность результатов решений РТП групп; S_{κ}^i , S_{ε}^i – среднеквадратичное отклонение решения РТП групп; Δx_{κ}^i , Δx_{ε}^i – доверительный интервал решений РТП групп; $t_{\alpha, n}^i$ – коэффициент Стьюдента при доверительной вероятности α и числе решений n для i -го объекта; $\delta_{отн\kappa}^i$, $\delta_{отн\varepsilon}^i$ – относительная погрешность результатов решения РТП групп; $\delta_{отн\kappa}^*$, $\delta_{отн\varepsilon}^*$ – средняя относительной погрешности результатов решений РТП групп.

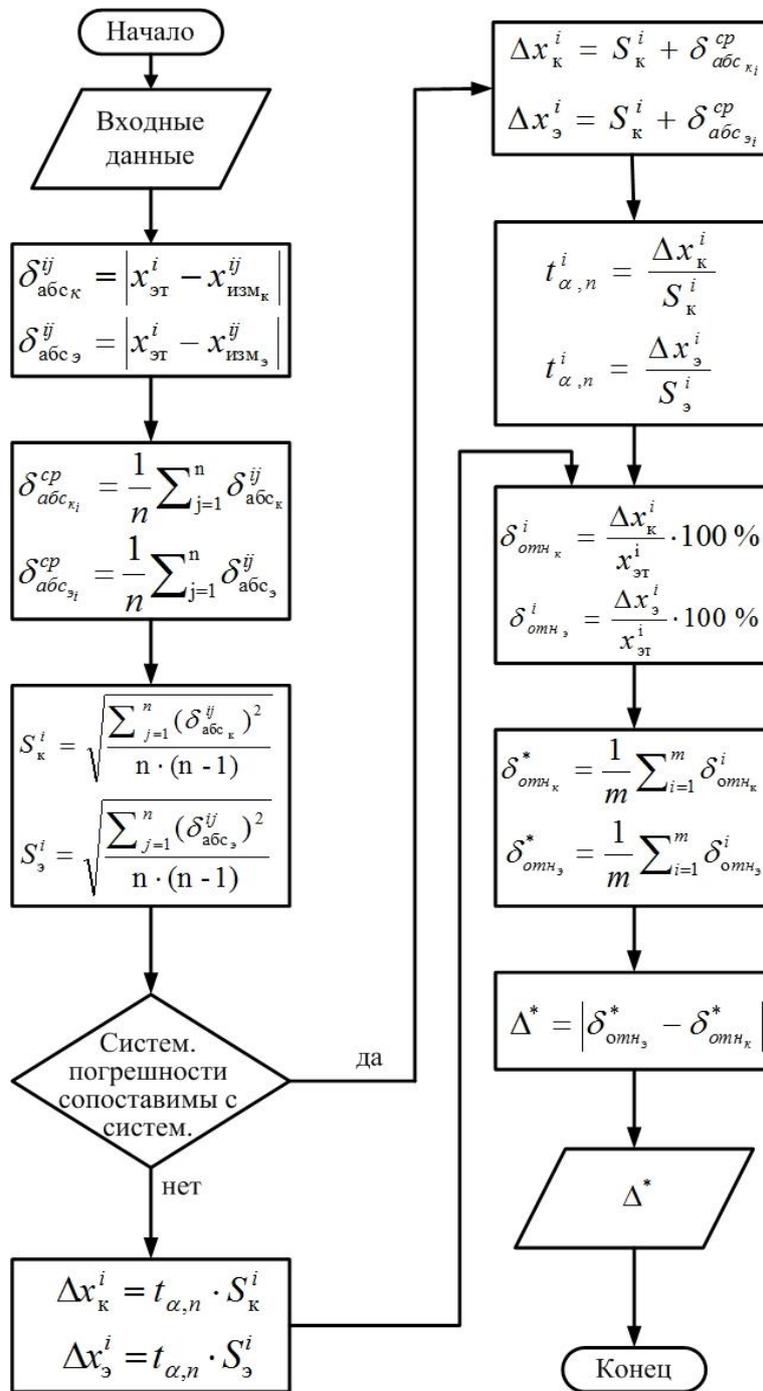


Рис. 1. Блок-схема алгоритма определения приращения средней относительной погрешности результатов решений

В ходе тестирования установлено, что среднее приращение точности принятия решений РТП с учётом рекомендаций системы информационно-аналитической поддержки управления при тушении пожаров в морских портах на базе нечётких нейронных сетей составляет:

- при прогнозировании ПП – 23 %;
- при прогнозировании ПТП – 16 %;
- при прогнозировании плотности ТИ в помещении – 12 %;
- при прогнозировании высоты расположения НЗ в помещении – 17 %.

Для оценки параметров, качественно характеризующих развитие пожара (РП, режим функционирования объекта и ОПС людей из горящего здания), использование критерия "точность управленческих решений" не представляется возможным. В этом случае лучше использовать относительное приращение Δ_B количества решений, совпадающих со среднестатистическими, в результате использования рекомендаций системы. Блок-схема алгоритма определения данного относительного приращения Δ_B изображена на рис. 2, где $k_{\kappa i}^*$, $k_{\varepsilon i}^*$ – относительное количество совпадений результатов решений с эталонными для групп; N – общее число принятых решений; M_{κ}^i , M_{ε}^i – абсолютное количество результатов решений для i -го объекта, совпадающих с эталонными, для групп; $k_{\text{ср}\kappa}^{**}$, $k_{\text{ср}\varepsilon}^{**}$ – среднее для всех объектов количество совпадений результатов решений для групп; R – количество объектов.

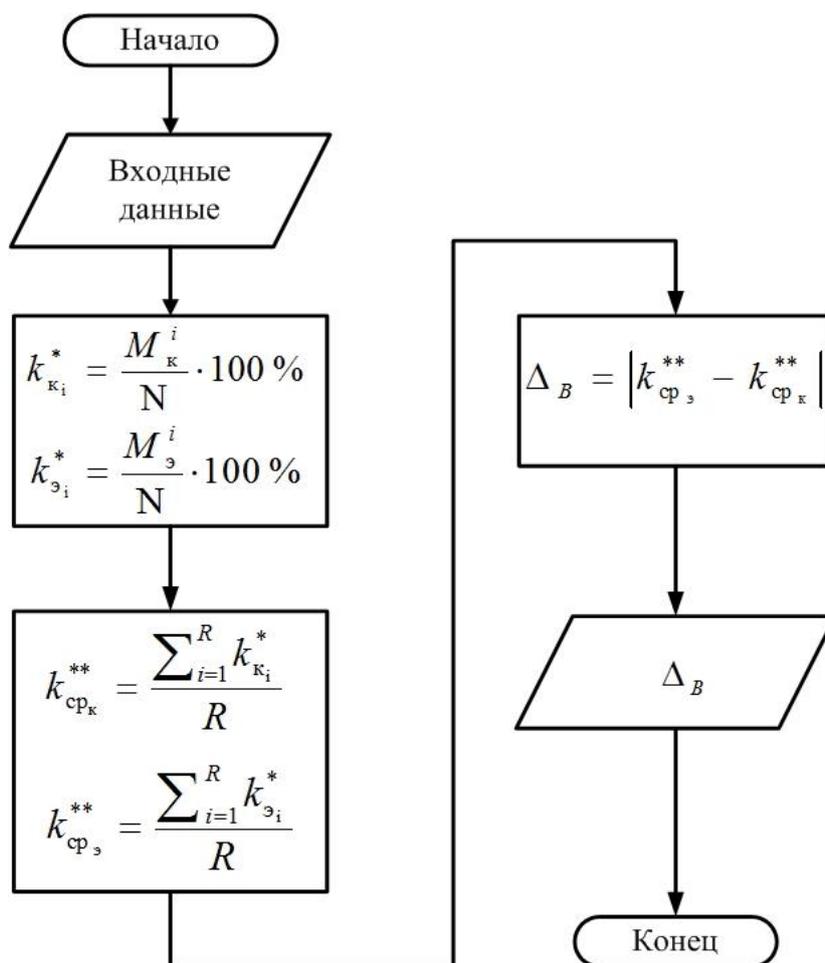


Рис. 2. Блок-схема алгоритма определения относительного приращения количества решений, совпадающих со среднестатистическими

При определении соответствия эталону результатов решений РТП о качественных параметрах развития пожара установлено, что относительное приращение Δ_6 , полученное от использования рекомендаций системы информационно-аналитической поддержки управления при тушении пожаров в морских портах на базе нечётких нейронных сетей, составляет:

- при определении РП – 18 %;
- при выборе ОПС людей из горящего здания – 21 %;
- при определении режима функционирования объекта – 40 %.

Таким образом, при анализе полученных данных определено, что:

- приращение точности решения управленческих задач при использовании РТП рекомендаций системы в среднем составит 17 %;
- РТП экспериментальной группы принимают решений, совпадающих со среднестатистическими, в среднем на 26 % больше, чем в контрольной группе.

Оценка времени формирования управленческих решений

При оценке временных затрат на формирование решений определялось и сравнивалось среднее время, затраченное на принятие решения РТП контрольной и экспериментальной групп.

При анализе полученных результатов установлено, что учёт рекомендаций системы информационно-аналитической поддержки управления при тушении пожаров руководителями тушения пожаров экспериментальной группы позволяет сократить время принятия ими решений в среднем:

- при определении РП – на 80 с;
- при определении режима функционирования объекта – на 80 с;
- при прогнозировании ПП – на 40 с;
- при прогнозировании ПТП – на 45 с;
- при прогнозировании высоты расположения НЗ в помещении – на 80 с;
- при прогнозировании плотности ТИ в помещении – на 110 с;
- при выборе ОПС людей из горящего здания – на 95 с.

На основании полученных результатов определено, что РТП, использующие предложенные системой рекомендации, принимают управленческие решения при тушении пожаров в среднем быстрее на 40 %. То есть применение системы информационно-аналитической поддержки управления при тушении пожаров в процессе формирования решений руководителями значительно сокращает временные затраты, что в свою очередь позволяет уменьшить время локализации и ликвидации пожаров.

Таким образом, использование системы информационно-аналитической поддержки управления при тушении пожаров в морских портах на базе нечётких нейронных сетей позволяет существенно повысить точность и соответствие результатов решений РТП среднестатистическим, а также сократить время на их формирование.

Заключение

1. Проведена оценка влияния рекомендаций системы информационно-аналитической поддержки управления при тушении пожаров в морских портах на базе нечётких нейронных сетей на эффективность решений руководителей. Для оценки параметров, качественно характеризующих развитие пожара, рассчитывалось относительное приращение количества решений, совпадающих со среднестатистическими, полученное в результате использования рекомендаций системы. Для оценки эффективности решения РТП по критерию "точность управленческих решений" было определено приращение средней относительной погрешности результатов решений РТП экспериментальной группы, относительно контрольной, для определения систематической и случайной погрешностей результата.

2. Доказан рост показателей эффективности решений РТП, принимаемых с учётом рекомендаций системы информационно-аналитической поддержки управления при тушении пожаров:

- сокращение времени на принятие решения (в среднем на 40 %);
- приращение количества решений, совпадающих со среднестатистическими, в среднем на 26 % (при определении РП; при определении режима функционирования объекта; при выборе ОПС людей из горящего здания);
- приращение точности решения управленческих задач в среднем на 17 % (при прогнозировании ПП, ПТП, плотности ТИ и высоты расположения НЗ в помещении).

Литература

1. *Интеллектуальная* система поддержки принятия решения на базе нечётких нейронных сетей для руководителя тушения пожара на территории ОАО "Калининградского морского торгового порта" / Станкевич Т.С., Кипер А.В. // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Оpubл. 18.12.2013. Бюл. № 12 (86).

2. *ГОСТ* Р ИСО 5725-1-2002. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 1. Основные положения и определения

3. *Ядов В.А.* Социологическое исследование: методология, программа, методы. Самара: Самарский ун-т, 1995. 332 с.

4. *Попов В.А., Бренерман М.Х.* Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. Казань: изд-во КГУ, 2008. 120 с.

5. *Страусс А., Корбин Дж.* Основы качественного исследования: обоснованная теория, процедуры и техники / пер. с англ. и послесловие Т.С. Васильевой. М.: Эдиториал УРСС, 2001. 256 с.