

УДК 614.84:519.87

DOI 10.34822/1999-7604-2020-1-13-21

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВРЕМЕНИ ОПЕРАТИВНОГО РЕАГИРОВАНИЯ НА СООБЩЕНИЯ О ПОЖАРАХ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК

Я. В. Соловьёв ✉, **Д. А. Федоров, С. В. Семенихин**
Сургутский государственный университет, Сургут, Россия
✉ E-mail: wowsollo@ya.ru

В статье проведен анализ массива данных приема и обработки сообщений о пожарах в период с 2013 по 2016 год, а также системный анализ временных показателей. Представлены составные части формулы, определяющей время свободного развития пожара, в состав которой включены новые, ранее не учтенные параметры. На основе обработанных данных, полученных в ходе экспертного опроса, проведена оценка временных параметров свободного развития пожара по степени их значимости. С помощью системного анализа полученных данных выявлены наиболее значимые временные параметры, влияющие на время свободного развития пожара, в том числе его площадь при расчете необходимых сил и средств подразделений пожарной охраны для принятия решений руководителем тушения пожара.

Ключевые слова: прием и обработка сообщений о пожарах, временные параметры свободного развития пожара, площадь пожара, метод экспертных оценок, руководитель тушения пожара, коэффициент конкордации Кендалла, критерий согласования Пирсона, поддержка принятия решений, системный анализ.

SYSTEM ANALYSIS OF TIME INDICATORS FOR RAPID RESPONSE TO FIRE REPORTS USING METHOD OF EXPERT ASSESSMENTS

Ya. V. Solovyev ✉, **D. A. Fedorov, S. V. Semenikhin**
Surgut State University, Surgut, Russia
✉ E-mail: wowsollo@ya.ru

The article analyzes the array of data about fire reports in the period from 2013 to 2016, as well as the system analysis of time indicators of free fire development. The components of the formula, including new parameters, determining the time of free fire development are presented. The time indicators of the free fire development are assessed according to their significance based on the processed data obtained during the expert survey. Using a system analysis of the data obtained, the most significant time indicators are identified that affect the time of free fire development, as well as its area during the calculation of the necessary forces and means of the fire departments and making decisions by the fire extinguishing manager.

Keywords: receiving and processing of fire reports, time indicators of free development of fire, fire area, method of expert assessments, fire extinguishing manager, Kendall's coefficient of concordance, Pearson's chi-squared test, decision support, system analysis.

Управленческое решение – это обдуманый выбор оптимального способа действий для достижения поставленных целей в условиях наличия нескольких альтернатив [1].

Особым случаем можно считать процесс принятия управленческих решений руководителем тушения пожара (далее – РТП).

РТП должен решить задачу со множеством критериев, необходимых для оценки сложившейся обстановки и принятия решающего направления боевых действий по тушению пожара (рис. 1) [2]. Одними из главных критериев являются объем и достоверность полученной информации от заявителя.



Рис. 1. Упрощенная модель цикла отдельного управленческого решения

Примечание: составлено авторами.

В нашей стране уже много лет осуществляется прием сообщений по телефонам экстренных служб [3]. Однако большинство дежурных диспетчерских служб не имеют четкой системы, определяющей цели и задачи обработки звонков граждан, критериев по обработке звонков и, самое главное, методов оценки работы диспетчеров, их способности эффективно выполнять работу. Подобная система должна определять поэтапные действия не только диспетчеров, но и руководителей в контексте качественной обработки поступающих сообщений.

Время на прием и обработку сообщений о пожаре никак не регламентировано. Ранее в нормативных документах, определяющих порядок тушения пожара, отмечалось, что обработка вызова должна быть завершена за максимально короткое время и не должна задерживать выезд и следование к месту пожара [4]. В настоящее время осталось только требование, согласно которому обработка вызова не должна задерживать выезд и следование караула к месту пожара.

Для примера стоит отметить, что в некоторых штатах США определено максимальное время на обработку одного сообщения, то есть определяется максимально допустимое время в минутах от момента поступления звонка до принятия решения диспетчером службы 911.

Исследуемый массив данных приема и обработки сообщений диспетчерской службой ЦППС включает в себя более 8 тысяч случаев, оценка которых проводилась по 10 параметрам.

Анализ данных оперативного реагирования подразделений пожарной охраны Сургутского местного пожарно-спасательного гарнизона за 2014 г. представлен на рис. 2.

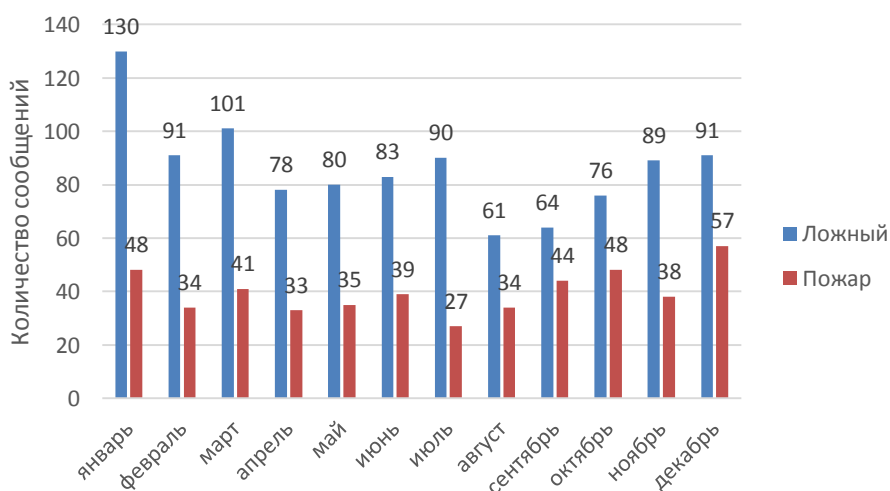


Рис. 2. График распределения количества вызовов за год по месяцам

Примечание: данные получены на основе выборки из статистической базы данных показателей оперативного реагирования подразделений гарнизона за 2014 год.

Значительный рост ложных сообщений приходится на начало календарного года (январь и февраль), а также отмечается в конце 4-го квартала (ноябрь и декабрь). Увеличение количества пожаров отмечается в начале отопительного периода, что является актуальным при исследовании пожаров на дачных участках.

Анализ результатов обработки сообщений диспетчерским составом ЦППС представим в виде гистограммы (рис. 3–4).



Рис. 3. Гистограмма времени обработки ложных сообщений

Примечание: данные получены на основе обработки выборки показателей оперативного реагирования подразделений гарнизона за 2014 год.

Как показали расчеты, среднее время обработки вызова диспетчером составляет:

- 1) от 55 до 65 с для пожаров;
- 2) от 60 до 75 с для ложных вызовов.

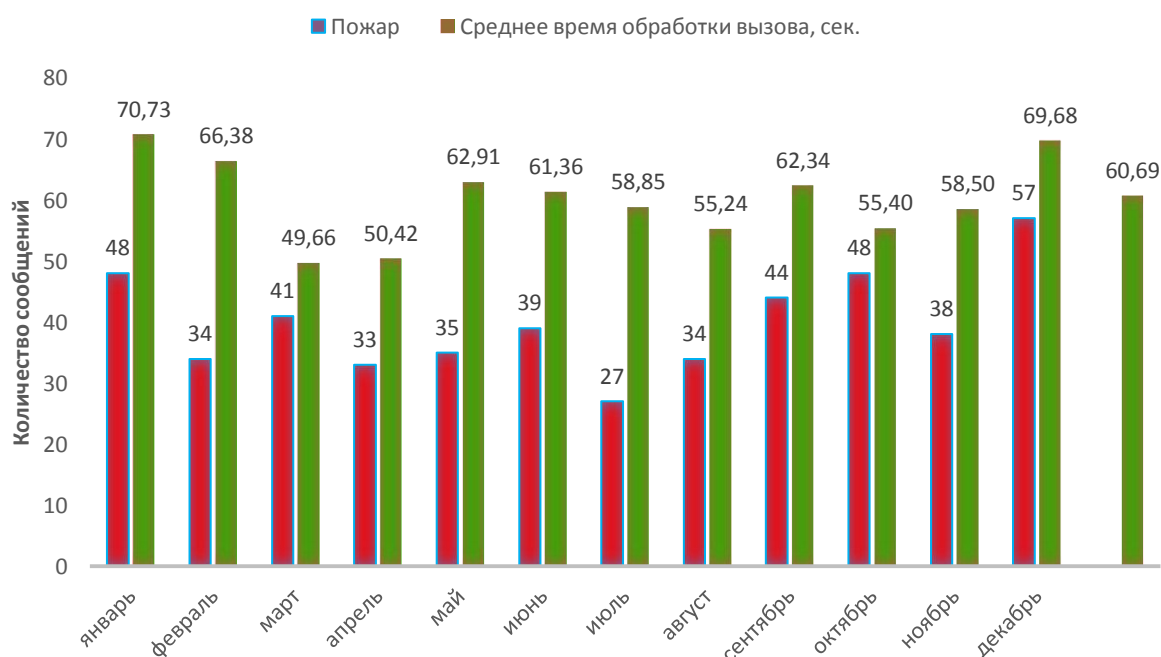


Рис. 4. Гистограмма времени обработки сообщений о пожарах

Примечание: данные рассчитаны на основе предыдущих показателей с использованием расчётной формулы среднего значения времени обработки вызова.

Стоит отметить, что количество пожаров на дачных участках составляет более 17 % случаев реагирования на сообщения заявителей.

Рассмотрим изменение во времени одного из параметров, связанных с зоной горения в свободных условиях. На графике (рис. 5) представлено изменение площади пожара наиболее распространенного вида твердых горючих материалов, используемых при строении дачных участков, бань, вагончиков и частных жилых домов [4]. С течением времени возрастает не только сама площадь горения, но и увеличивается скорость ее роста. Если в начале пожара площадь горения достигнет 50 м² только через 25 мин, то следующие 50 м² огонь охватит уже за 8 мин.

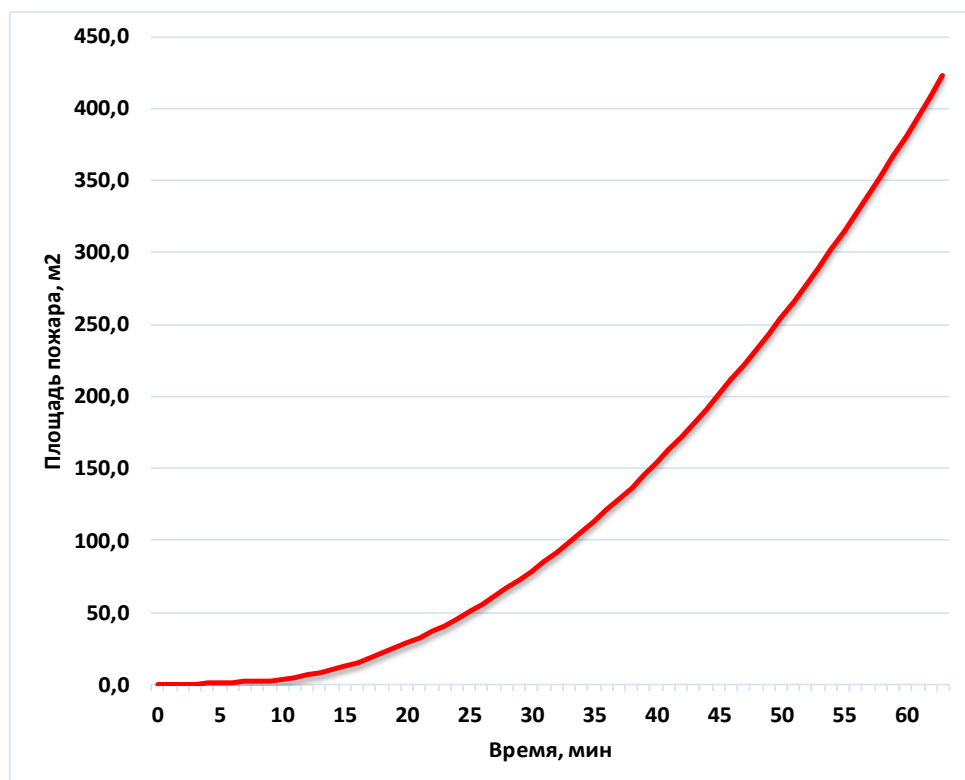


Рис. 5. Изменение площади пожара при $V_{д} = 0,2$ м/с [4]

Площадь горения лишь один из критериев, которые должен учитывать РТП. С ухудшением обстановки и течением времени на месте пожара количество критериев увеличивается [4].

Обнаружение пожара становится возможным при проявлении факторов пожара, таких как запах дыма, непосредственно дым, повышение температуры в зоне пожара, отблески пламени, изменение газового состава в воздухе [5]. Признаки возникновения пожара могут быть обнаружены датчиками пожарной автоматики либо органами чувств человека. Последовательность возможных звеньев представлена на рис. 6.

Последовательность прохождения сообщений (сигналов) о пожаре представлена в виде схемы (рис. 6) организации связи на территории Сургутского местного пожарно-спасательного гарнизона.

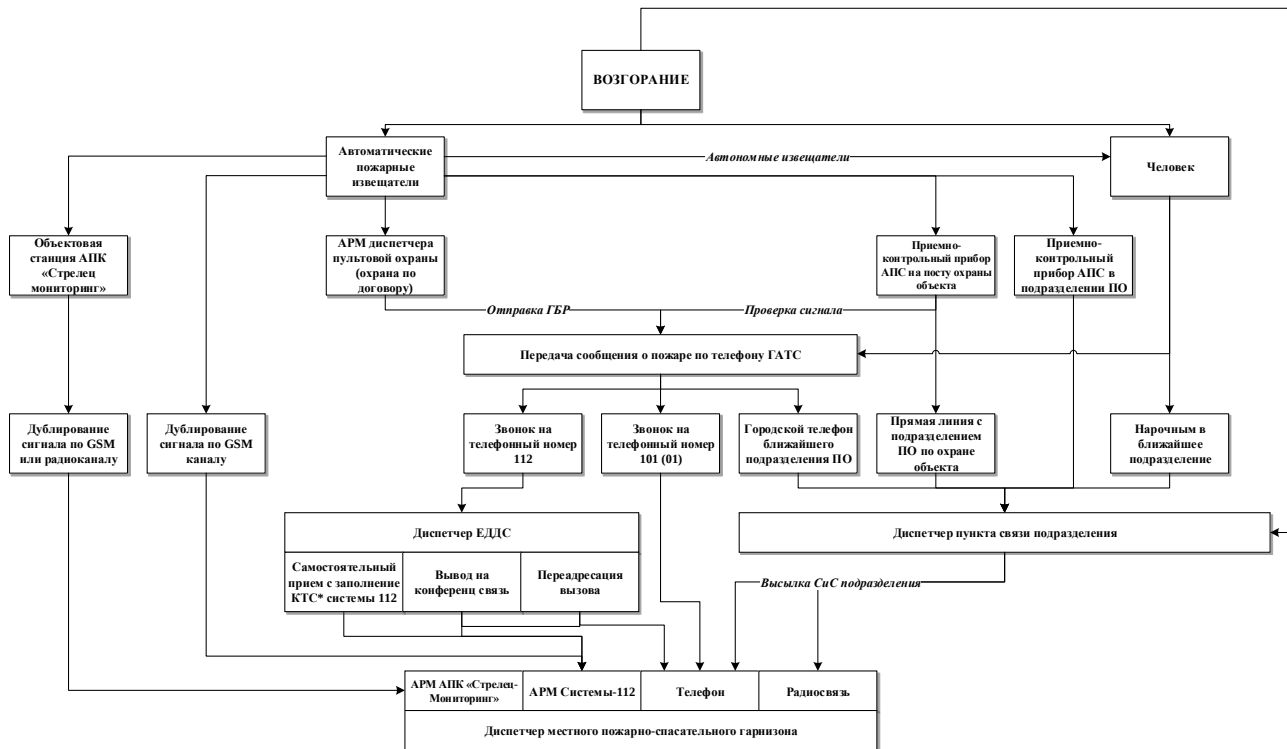


Рис. 6. Схема прохождения сообщений (сигналов) о пожарах

Примечание: составлено авторами.

Составные части и возможные варианты прохождения сигналов получены опытным путем, на основе анализа имеющихся средств получения сообщений (сигналов, извещений) о пожаре [6].

Очевидно, что чем меньше промежуточных звеньев в цепи прохождения сигнала, тем меньше времени будет затрачено на его обработку. Кроме количества промежуточных звеньев на прохождение сигнала влияют выбор, надежность и доступность используемого канала связи.

Проанализировав последовательность прохождения сообщений (рис. 6), можно привести еще более короткую схему – обнаружение признаков пожара непосредственно диспетчером, но на практике данная схема встречается крайне редко, а наличие признаков пожара, заметных на значительном удалении, указывает на то, что пожар уже развился и другие схемы обнаружения и передачи извещения не сработали.

Наиболее короткими являются схемы прохождения сигнала от автоматических пожарных извещателей либо от человека непосредственно диспетчеру пожарно-спасательного гарнизона рис. 7.

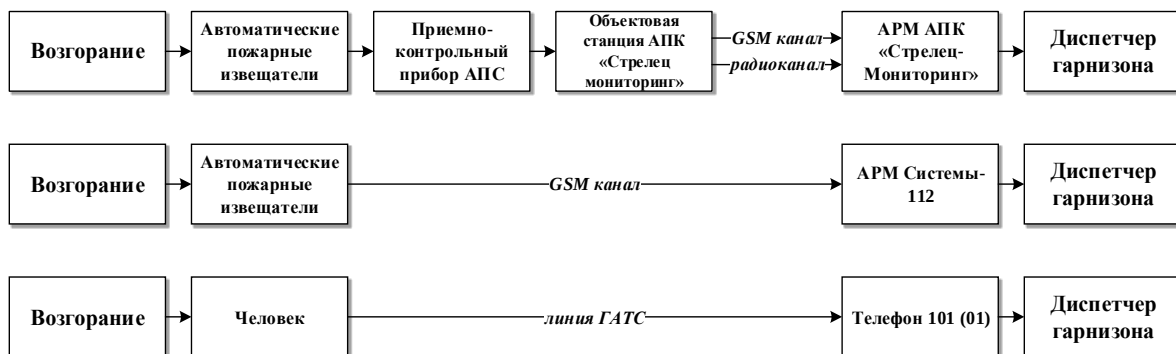


Рис. 7. Схемы передачи извещений о пожаре

Примечание: составлено авторами.

Передача извещения человеком непосредственно диспетчеру гарнизона является одной из наиболее коротких схем ввиду отсутствия промежуточных звеньев. В некоторых случаях человек способен значительно раньше извещателей обнаружить признаки пожара, так как чувствительность органов зачастую выше чувствительности современных датчиков, однако невозможно обеспечить круглосуточную охрану помещений человеком. Используемые каналы телефонной и радиосвязи являются надежными и доступными, а также не вызывают проблем, требующих поиска решений [4].

Источником наибольшего количества извещений о пожаре является человек [4]. И в некоторых случаях именно этот человек находится в опасности. В такой ситуации возможности и время получения информации сильно ограничены как стрессовым состоянием самого человека, так и его действиями на месте происшествия, связанными с попыткой спастись или оказать помощь. Возможности повторной связи (при наличии номера телефона) с заявителем может уже не быть (пожары, при которых погибли люди в квартирах [1], а соседи не сразу почувствовали запах). Кроме этого, на возможность приема сообщения может влиять и устойчивость линии связи. Следовательно, стоит учитывать вероятность повреждения линий стационарной связи огнем при пожаре; для линий мобильной связи препятствием может влиять заряд аккумуляторной батареи, а также возможность прохождения сигнала через конструкции зданий. Особенно это актуально для крупных объектов. Повреждение стационарных линий актуально и для мобильной связи на таких объектах при использовании репитеров.

С одной стороны, перед РТП стоят конкретные задачи, с другой – решения принимаются в условиях риска и неопределенности.

Фактически во всех случаях РТП решает задачу экспертным методом, при этом сам РТП является и лицом, принимающим решение, и экспертом.

Рассмотрим на графике изменение площади пожара во времени при линейной скорости распространения горения $0,2 \text{ м}^2$ и сравним ее с линией геометрической прогрессии с тем же шагом на рис. 8 [4].

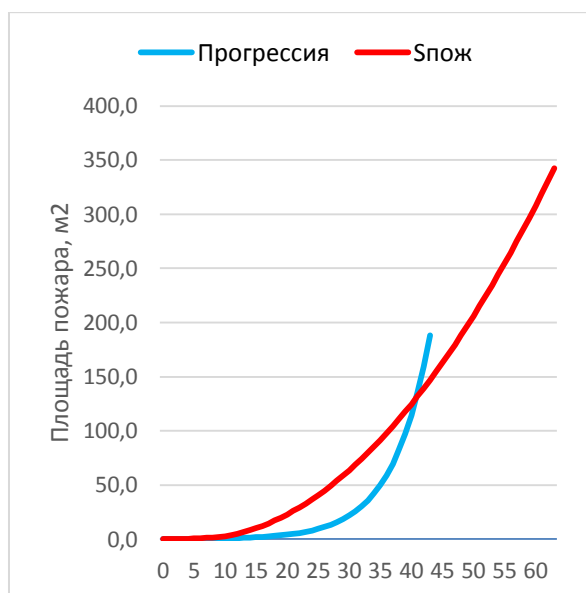


Рис. 8. Изменение площади пожара при $V_{\text{л}} = 0,2 \text{ м/с}$ [4]

Возможность принятия тактически правильного решения снижается в геометрической прогрессии, а попытка исправить допущенную ошибку (вызванную неподготовленностью или отсутствием необходимой информации) сводится к минимуму.

Время обработки вызова диспетчером, а также время разведки на месте пожара ранее никогда не учитывались при расчете общего времени свободного развития пожара.

Ранее для расчета значения времени свободного развития пожара была использована формула [7, с. 72], которая имеет вид:

$$T = \sum_{i=1}^n T_i \quad (1)$$

В ходе исследования было принято решение, что для более точных результатов необходимо ввести 2 дополнительных параметра – время обработки сообщения о пожаре и разведки на месте, которые не учитывались ранее:

T_2 – время обработки сообщения о пожаре диспетчером;

T_5 – время разведки на месте пожара.

В ходе опроса, проведенного с помощью анкет, составленных специалистами в области пожарной безопасности Сургутского местного пожарно-спасательного гарнизона, было опрошено 10 экспертов, каждый из них проводил оценку степени значимости параметров, присваивая баллы (от 0 до 100 баллов, где 100 баллов – это наивысшая оценка) [7]. В соответствии с баллами параметрам присваивались ранги от 1 до 6 (где 1 – наивысшая оценка, а 6 – наименьшая). Полученные данные заносились в сводную таблицу матрицы рангов (рис. 9).

При составлении сводной таблицы матрицы рангов [7, с. 73] использовалась формула их разности [8]:

$$d_{ij} = \sum T_{ij} - \frac{\sum \sum T_{ij}}{n} = \sum T_{ij} - 35 \quad (2)$$

Коэффициент конкордации Кендалла (W) [9] был рассчитан с целью определения степени согласованности мнений опрошенных экспертов. Расчеты произведены по формуле [7, с. 73]:

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)} = \frac{12 \times 504}{10^2(6^3 - 6)} = 0,288 \quad (3)$$

Параметры	Эксперты										Сумма рангов	d_{ij}	d_{ij}^2
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
T1	5	2	1	2	1	2	4	3	3	3	26	-9	81
T2	4	1	2	1	2	1	3	4	2	2	22	-13	169
T3	2	6	6	6	6	6	1	1	6	6	46	-11	121
T4	3	3	3	3	3	3	6	2	1	4	31	-4	16
T5	6	4	4	4	4	4	5	5	4	1	41	6	36
T6	1	5	5	5	5	5	2	6	5	5	44	9	81
$\sum T_{ij}$											210	$S = \sum d_{ij}^2$	504

Рис. 9. Сводная таблица матрицы рангов [7]

Первичные расчеты показали слабую согласованность мнений экспертов, так как расчетный $W = 0,288$ находился в диапазоне от 0,2 до 0,4.

После изучения анкетных данных было принято решение рассмотреть возможность исключения экспертов, не принимающих непосредственного участия в тушении пожаров и не являющихся РТП.

Для этого пришлось построить новую таблицу матрицы рангов (их разности) [7, с. 74], а также видоизменить формулу их расчета:

$$d_{ij} = \sum T_{ij} - \frac{\sum \sum T_{ij}}{n} = \sum T_{ij} - 24,5 \quad (4)$$

Распределение временных параметров свободного развития пожаров по значимости не изменилось, следовательно, проверка степени их согласованности необходима вновь по формуле (3). Согласованность мнений опрошенных экспертов оправдалась, так как расчетный коэффициент $W = 0,851$ больше табличного значения.

Проверка статистической значимости производилась благодаря расчетному критерию согласования Пирсона (χ^2) [7, с. 74]:

$$\chi^2 = \frac{12S}{mn(n+1)} = n(m-1)W = 7 \times (6-1) \times 0,851 = 29,78 \quad (5)$$

Сравнение полученного критерия согласования Пирсона показало, что $\chi^2 = 29,78$ больше табличного значения (11,07050), а расчет коэффициента W был необходим [9].

С уверенностью можно считать, что в результате обработки данных исследования с помощью метода экспертных оценок был определен один из наиболее значимых временных параметров времени свободного развития пожара, а именно время обработки сообщения о пожаре диспетчером (T_2), а среднее значение времени обработки сообщения о пожаре составило 60,69 с.

Материальный ущерб и сумма спасенных материальных ценностей, как правило, зависят от того, насколько сильно развился пожар. С началом отопительного сезона и сезона отпусков число возгораний на дачных участках и в частных домах увеличивается. Соответственно, заметно увеличивается и время обработки сообщений о них, что в свою очередь прямо пропорционально влияет на площадь пожара к моменту прибытия 1-го подразделения пожарной охраны.

Время обработки сообщения о пожаре диспетчером играет важную роль, так как ранее оно не учитывалось при расчете времени свободного развития пожара как одного из параметров, необходимых для определения площади развившегося крупного пожара. При линейной скорости распространения огня $V_{\text{л}} = 0,2$ м/с и среднем времени обработки вызова, равном 60,69 с, огонь пройдет не менее 12 м в каждую из сторон распространения (в зависимости от формы пожара) [5]. Наибольшую площадь развития получит круговая форма пожара, так как огонь будет распространяться во всех направлениях.

Следует отметить, что для более точного определения достаточного количества сил и средств подразделений пожарной охраны, необходимых для успешного выполнения боевой задачи, требуется дальнейшее изучение данного вопроса в области системного анализа, а также учета пожаров и их последствий [10].

Литература

1. Ямалов И. У. Моделирование процессов управления и принятия решений в условиях чрезвычайных ситуаций. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. 289 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/6493.html> (дата обращения: 10.12.2019).
2. Травин В. В. Подготовка и реализация управленческих решения: Модульная программа «Руководитель 21 века». Модуль 6. М. : Дело, 2005. 79 с.
3. Пожары и пожарная безопасность в 2012–2016 годах : стат. сб. / под общ. ред. В. И. Климкина. М. : ФГБУ ВНИИПО, 2017. 124 с.
4. Калмыков С. П., Есин В. М. Время обнаружения очага пожара // Пож. взрыв. без. 2017. Т. 26, № 11. С. 52–63.
5. Терещенков В. В., Грачев В. А. Организация службы начальника караула пожарной части. М. : ПожКнига, 2005. 230 с.
6. Острейковский В. А. Логика и методология анализа и синтеза информационных систем. Сургут : Сург. гос. ун-т., 2014. 302 с.
7. Соловьёв Я. В., Федоров Д. А. К вопросу оптимизации принятия решений в процессе исследования развития крупных пожаров // Наука и инновации XXI века : сб. ст. : в 3 т. Сургут : ИЦ СурГУ, 2018. Т. 1. С. 70–75.
8. Гуцыкова С. В. Метод экспертных оценок: теория и практика. М. : Изд-во «Институт психологии РАН», 2019. 144 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/88355.html> (дата обращения: 15.11.2019).

9. Айкожаев Н. М. Оценка степени согласованности мнений экспертов // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки : сб. ст. по мат. LI междунар. студ. науч.-практ. конф. № 3 (50). URL: [https://sibac.info/archive/technic/3\(50\).pdf](https://sibac.info/archive/technic/3(50).pdf) (дата обращения: 04.10.2019).

10. Об утверждении Порядка учета пожаров и их последствий : приказ МЧС РФ от 21 ноября 2008 г. № 714 (с изменениями и дополнениями от: 22.06.2010, 17.01.2012, 08.10.2018); Зарегистрировано в Минюсте РФ 12.12.2008 № 12842. URL: <http://ivo.garant.ru/#/document/194531/paragraph/1521:0> (дата обращения: 10.12.2019).