

УДК 004.048+004.827

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАНГА ПОЖАРА В ЖИЛЫХ И АДМИНИСТРАТИВНЫХ ЗДАНИЯХ**

**Казакова Ю. С., Мартыненко Т. В.**

*Донецкий национальный технический университет, г. Донецк  
кафедра автоматизированные системы управления  
E-mail: [mart@kita.dgtu.donetsk.ua](mailto:mart@kita.dgtu.donetsk.ua), [julia\\_ius@mail.ru](mailto:julia_ius@mail.ru)*

### **Аннотация**

*Казакова Ю.С., Мартыненко Т.В. Система поддержки принятия решений при ликвидации пожаров в жилых и административных зданиях. Проанализированы факторы, влияющие на определение ранга пожара. Разработан алгоритм определения ранга пожара на основе математического аппарата теории нечетких множеств. Представлена обобщенная структура системы определения ранга пожара. На основе разработанного алгоритма реализована программа для определения ранга пожара с помощью C++ Builder.*

**Общая постановка проблемы.** Пожарная охрана создается с целью защиты жизни и здоровья граждан, частной, коллективной и государственной собственности от пожаров. Эффективное управление пожарными подразделениями позволяет сократить время локализации и ликвидации пожаров, существенно снизить экономические затраты и уровень материального ущерба, избежать возможных жертв.

Важным этапом при реагировании на сообщение о пожаре является правильное определение ранга пожара, что позволяет установить необходимые силы и средства для ликвидации горения.

Ранг пожара – условный признак сложности пожара, определяющий в расписании выезда необходимый состав сил и средств гарнизона, привлекаемых к тушению пожара. Количество рангов пожаров и техника, высылаемая по каждому рангу, устанавливаются начальником гарнизона службы в расписании выездов типовой техники в соответствии с имеющимися средствами и характеристиками объектов, расположенных на территории гарнизона.

При сообщении о пожаре диспетчер регистрирует вызов в Журнале пункта связи. Сообщение о пожаре с краткой информацией об объекте пожара передается в соответствующую часть. Диспетчер определяет ранг пожара и соответствующий ему состав и количество необходимых сил и средств, формирует путевку на выезд техники. Силы и средства на пожар высылаются строго по расписанию выездов типовой техники по номерам вызовов (рангам). Путевка на выезд техники и дополнительные сведения о пожаре передаются начальнику караула. Совершается выезд на место пожара, при этом постоянно поддерживается радиосвязь с диспетчерским центром. Прибыв на объект, руководитель тушения пожара подтверждает или опровергает установленный ранг пожара, при необходимости привлекаются дополнительные силы и средства.

Эффективное решение задачи определения ранга пожара позволит сократить затраты и оптимизировать работу подразделений пожарной охраны.

Целью работы является определение ранга пожара на этапе поступления вызова. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать работу диспетчера пожарной охраны;
- проанализировать факторы, которые влияют на определение ранга пожара;
- выбрать метод определения ранга пожара;
- разработать программу для определения ранга пожара.

Постановка задачі. При определении ранга пожара учитывается множество факторов, характеризующих обстановку на горящем объекте, т. е. ранг пожара зависит от множества параметров  $Q$ :

$$R = F(Q), \quad Q = \{ Ep, Ch, So, Ez, Pl, Nb, Nd, Nm, Tr \} \quad (1)$$

где  $Ep$  – этаж, на котором произошел пожар;

$Ch$  – присутствие людей на объекте;

$So$  – степень огнестойкости здания ( $So \in \overline{1, 5}$ );

$Ez$  – этажность здания;

$Pl$  – внутренняя планировка здания (секционная или коридорная);

$Na$  – наличие пожарной автоматики;

$Nb$  – наличие систем вентиляции;

$Nd$  – наличие системы дымоудаления;

$Tr$  – тип междуэтажных перекрытий (деревянные или железобетонные);

Количество параметров в выражении (1) может меняться в зависимости от объекта (например, могут добавляться сведения о работе пожарной автоматики) и от мнения эксперта. Поэтому выражение (1) необходимо заменить:

$$R = F(Q_1, Q_2, \dots, Q_m), \quad (2)$$

где  $Q_i$  – параметр, влияющий на определение ранга пожара;

$m$  – количество параметров, влияющих на определение ранга пожара.

Тогда количество и состав применяемых при тушении пожара сил и средств является функцией от ранга вида:

$$S = F(R), \quad (3)$$

где  $S$  – вектор со следующей структурой:

$$S = (St_1, K_1, St_2, K_2, \dots, St_n, K_n), \quad (4)$$

в котором  $St_i$  – определенный вид пожарной техники, средств тушения;

$K_i$  – количество пожарной техники;

$n$  – число видов технических средств.

Определение ранга пожара в жилых и административных зданиях. Для определения ранга пожара в жилых и административных зданиях предлагается использовать аппарат теории нечетких множеств. Нечеткое множество – это математическая модель класса с нечеткими, или размытыми границами. В этом понятии учитывается возможность постепенного перехода от принадлежности к непринадлежности элемента множеству. Применение математического аппарата теории нечетких множеств при определении ранга пожара обеспечивает хорошую точность решения задачи, так как учитывается расплывчатость границ между смежными рангами пожара (одно и то же значение параметра может соответствовать смежным рангам пожара с различной степенью принадлежности).

Построение модели включает следующие действия:

1. Задание совокупности значений ранга пожара:

$$R = \{R_1, \dots, R_i, \dots, R_l\}, \quad (5)$$

где  $l$  – количество рангов пожара.

2. Определение совокупности параметров, влияющих на установление ранга пожара:

$$Q = \{Q_1, \dots, Q_i, \dots, Q_m\}, \quad (6)$$

где  $m$  – число параметров.

3. Построение функции принадлежности ранга пожара  $\mu_{ij}$  для каждого из параметров, характеризующих ранг пожара, где  $i$  – номер рассматриваемого параметра,  $j$  – ранг пожара.

Наиболее удобной формой функции принадлежности для данной задачи является трапеция. Горизонтальная часть (верхнее основание) трапеции характеризует стопроцентную принадлежность рангу пожара по  $i$ -му параметру, а наклонные части (ребра) трапеции характеризуют степень принадлежности к двум смежным рангам пожара с различной возможностью.

4. Установление каждому параметру весового коэффициента  $\alpha$ , пропорционального степени влияния данного параметра на ранг пожара.

5. Задание решающего правила классификации, позволяющего установить меру принадлежности рангу пожара. В качестве решающего правила предложено использовать алгебраическую сумму функций принадлежности по всем параметрам. Для учета вклада каждого параметра функция  $\mu$  умножается на вес  $\alpha$ . Тогда правило классификации имеет вид:

$$\arg(R_j) = \sum_{i=1}^m \alpha_i * \mu_{ij} \quad (7)$$

6. Решение задачи определения ранга пожара. Для каждого ранга, находятся значения функций принадлежности всех параметров. С учетом линейности трапецевидной формы, функция  $\mu_{ij}$  определяется следующим образом:

$$\mu_{ij} = \frac{q - q_{in}}{q_{ik} - q_{in}} * (\mu_{ik} - \mu_{in}) + \mu_{in} \quad (8)$$

Здесь  $q_{in}$ ,  $\mu_{in}$ ,  $q_{ik}$ ,  $\mu_{ik}$  – начальные и конечные значения параметра  $Q_i$  и функции  $\mu_{ij}$  для  $j$ -го интервала. На границах интервала функция принимает значения: "0", либо "1". Отсюда, разность  $\mu_{ik} - \mu_{in}$  принимает следующие значения:

$$\mu_{ik} - \mu_{in} = \begin{cases} 0 - \text{для горизонтальной части трапеции} \\ +1 - \text{для левой части трапеции} \\ -1 - \text{для правой части трапеции} \end{cases} \quad (9)$$

7. Вычисляются суммарные значения оценок всех параметров, для каждого ранга согласно (7). После сравнения полученных значений  $\arg(R_j)$  находится максимум:

$$\arg(R_j) \rightarrow \max, \quad (10)$$

на основании чего делается вывод о принадлежности совокупности признаков к определенному рангу  $R_j$ .

8. На основе полученных результатов, при необходимости производится соответствующая корректировка весовых коэффициентов  $\alpha$  и шкалы функций принадлежности, с целью того, чтобы добиться наибольшего совпадения расчетных значений ранга пожара с реальными.

**Разработка системы определения ранга пожара в жилых и административных зданиях.** В общем виде структуру автоматизированной системы определения ранга пожара в жилых и административных зданиях можно представить в виде совокупности модулей (рис. 1).

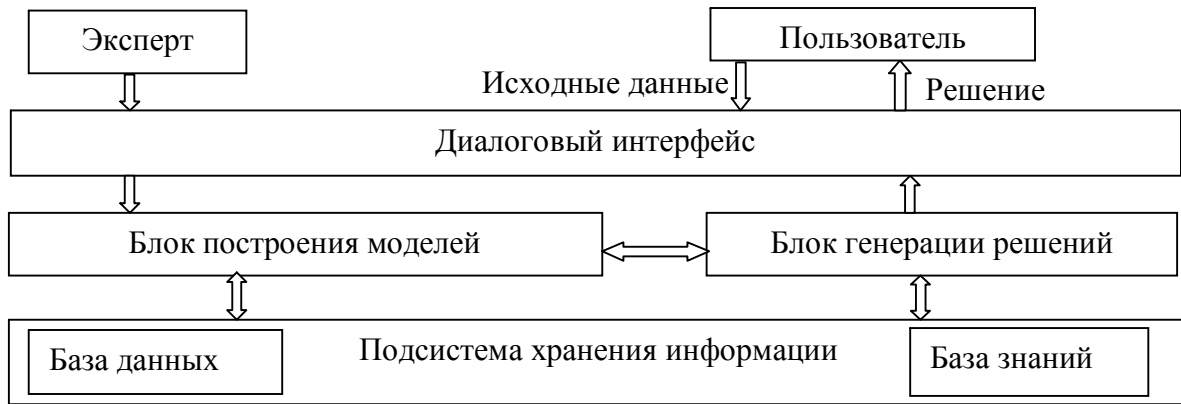


Рисунок 1 - Структура системы определения ранга пожара

*Экспертом* в системе являются специалисты, высококвалифицированные, опытные руководители тушением пожаров.

*Пользователем* является лицо, принимающее решение о направлении техники при ликвидации пожара, диспетчер.

*Блок генерации решений* – модуль пояснений, каким образом система получила решение, на основе результатов определения ранга пожара выдает рекомендации о необходимом составе и количестве сил и средств.

*Блок построения моделей.* Программа, реализующая последовательность действий для решения задачи на основе информации из базы данных и базы знаний. Для построения программы определения ранга пожара предлагается использовать математический аппарат теории нечетких множеств.

*Подсистема хранения информации* (информационное обеспечение) состоит из: базы знаний (предназначена для хранения долгосрочных сведений, которые используются при построении математических моделей) и базы данных (в ней хранится оперативная информация, исходные и промежуточные значения).

**Программная реализация системы определения ранга пожара в жилых и административных зданиях.** Программа определения ранга пожара на основе математического аппарата теории нечетких множеств реализована с помощью C++ Builder. Экранная форма представлена на рисунке 2.

**Определение ранга пожара**

Параметры

Этаж: 1

Этажность: 3

Количество людей: 0

Степень огнестойкости: 3

Тип междуэтажных перекрытий:  
 деревянные  железобетонные

Наличие установок пожарной автоматики

Наличие вентиляции

Наличие системы дымоудаления

Планировка здания:  
 секционная  коридорная

**Ранг**

Ранг пожара - 1  
 Минимальный набор техники:  
 Автоцистерны - 2  
 или Автоцистерны - 1, Насосно-рукавный автомобиль - 1

Рисунок 2 - Экранная форма определения ранга пожара

В таблиці 1 представлені результати роботи програми для 10 пожег. В першій колонці представлені найменування входних параметрів, в першій строці – номери експериментів. Ранг (фактичний) – це ранг, визначений керівником тушення пожеги, ранг (програма) – визначений з допомогою розробленої програми.

Таблиця 1 – Результати роботи програми

№ експеримента \ Параметр	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Етаж	1	1	3	5	5	1	6	4	9	1
Етажність	2	1	9	5	10	1	9	9	9	3
Кількість людей	0	2	5	0	5	0	0	0	47	0
Степень огнестійкості	3	3	2	3	2	3	2	2	2	3
Перекрытия	д	д	д	ж	ж	д	ж	ж	д	ж
Противопожарные установки	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
Вентиляция	нет	есть	есть	есть	есть	есть	есть	есть	есть	есть
Дымоудаление	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
Планировка здания	к	с	с	с	к	с	к	с	к	с
Ранг (фактический)	1	2	3	2	3	1	2	2	3	1
Ранг (программа)	1	2	3	2	3	1	2	2	3	1

Обозначения для таблицы:

Перекрытия: д – дерев'яні  
ж – залізобетонні

Планировка здания: к – коридорна  
с – секційна

Для тестового набору експериментальних даних програма працює коректно, значення рангів пожеги визначені з допомогою реалізованої програми збігаються з значеннями, визначеними керівниками тушення пожеги.

**Выводы.** В работе проанализированы параметры, влияющие на определение ранга пожара на этапе поступления вызова. Предлагается определение ранга пожара с использованием аппарата теории нечетких множеств. Применение предложенного метода позволяет повысить точность решения задачи определения ранга пожара, поскольку учитывается расплывчатость границ между смежными классами состояний (рангами пожара). Разработана программа определения ранга пожара с помощью C++ Builder.

### Список литературы

1. Тетерин И.М., Климовцов В.М., Прус Ю.В. Методология разработки экспертных систем для оперативного управления пожарными подразделениями // Интернет журнал «Технологии техносферной безопасности». – <http://ipb.mos.ru/ttb>. – 2008 – № 5
2. Тетерин И.М., Топольский Н.Г., Климовцов В.М., Прус Ю.В. Применение систем поддержки принятия решений руководителями оперативных подразделений при тушении пожаров в крупных городах // Интернет журнал «Технологии техносферной безопасности». – <http://ipb.mos.ru/ttb>. – 2008 – № 4
3. Про затвердження Тимчасового порядку організації внутрішньої, гарнізонної та караульної служб МНС України. Наказ МНС України № 794 від 31.10.2008 р.
4. Тетерин И.М. Теоретико-игровые методы в системах поддержки принятия решений для руководителя тушения пожара // Интернет журнал «Технологии техносферной безопасности». – <http://ipb.mos.ru/ttb>. – 2008 – № 5