

# ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПРИ ВЫБОРЕ ОПТИМАЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ТУШЕНИЕ ПОЖАРА В ПРОЦЕССЕ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

**А.В. Кочегаров, доктор технических наук, доцент;**

**А.Б. Плаксицкий, кандидат физико-математических наук;**

**А.И. Натаров.**

**Воронежский институт ГПС МЧС России**

В работе представлена математическая модель идентификации при выборе оптимального варианта управления объектами в условиях неоднородности. Предложена процедура идентификации при выборе оптимального воздействия на тушение пожара.

*Ключевые слова:* развитие пожара, условия неоднородности, идентификация, оптимизация, величина энтропии, однородные компоненты

## IDENTIFICATION AT A CHOICE OF OPTIMUM IMPACT ON FIRE EXTINGUISHING IN THE COURSE OF ADOPTION OF ADMINISTRATIVE DECISIONS

A.V. Kochegarov; A.B. Plaksitsky; A.I. Natarov.

Voronezh institute of State fire service of EMERCOM of Russia

This paper are present a mathematical model of identifying, selecting the best options for managing objects in a heterogeneity. The procedure of identification when selecting the optimal exposure to fire extinguish.

*Keywords:* development of the fire, heterogeneity condition, identification, optimization, entropy size, uniform components

Возникновение и развитие пожара можно отнести к системам, имеющим большое количество факторов и процессов, особым образом не связанных друг с другом. Описать такую систему с помощью детерминированных моделей практически невозможно, так как на развитие ситуации принятия решения оказывают влияние неоднородности, связанные с жидкими, газообразными, дисперсными и твердыми горючими веществами. Для решения данной проблемы применяется математическое моделирование и связанный с ним компьютерный эксперимент.

Системный подход к исследованию процессов возникновения и развития пожара предполагает разделение исследований на физические, химические, кибернетические и т.д. При помощи многофакторных исследований, можно получить более правильное представление о неоднородности процессов горения и выявить их новые свойства. Методы системного анализа необходимы, прежде всего, потому, что в процессе принятия решений приходится осуществлять выбор в условиях неоднородности, которая обусловлена наличием факторов, не поддающихся строгой количественной оценке.

Для достижения процесса управляемости модели необходимо выявить наиболее значимые численные критерии и получить адекватное математическое описание. При этом выбор критериев описания формирует методологию анализа возникновения и сценарий развития пожаров.

На рис. 1 представлена общая схема закрытых пожаров, где наблюдается нечеткая зависимость входных и выходных факторов объекта управления.

Таким образом, выбор подхода к управлению пожаротушением с неоднородными характеристиками зависит от степени неоднородности факторов, влияющих на процесс горения, неоднородности задачи управления, наличия неопределенностей и от условия активного поиска оптимального варианта управления.



Рис. 1. Схема процесса управления тушения пожара

$S_i (i = 1, \dots, n)$  – множество показателей описывающих объект пожара;

$y(j = 1, \dots, m)$  – выходная величина, при выборе оптимального воздействия на тушение пожара

Тактика ведения процесса тушения в условиях неоднородностей зависит от следующих факторов:

- 1) степени идентифицируемости характеристик объекта и степени неоднородности постановки задачи управления;
- 2) условий активного поиска оптимального варианта управления;
- 3) уровня стохастичности процедур выбора управления.

Процедура идентификации при выборе оптимального воздействия на тушение пожара будет зависеть от преимуществ системы поддержки принятия решений (рис. 2): достоверности и эффективности принимаемых решений, от структурируемости по уровням принимаемых решений, оперативности принимаемых решений и полной или частичной идентификации объекта.

Если при выборе оптимального варианта управления хорошо идентифицируемыми объектами известны математические модели [1] всех однородных компонент, однозначно определен критерий оптимизации и заданы ограничения, то задача оптимизации формулируется, например, в следующем виде:

$$\psi(S) \rightarrow \max$$

При полной идентификации объекта последний характеризуется одним глобальным показателем  $\Phi$ , имеется зависимость показателя  $\Phi$  от всех переменных  $s_i$  [2]. Тогда энтропия такого объекта описывается формулой:

$$H^* = \int_{L_\Phi} W(\Phi) \log W(\Phi) d\Phi,$$

где  $W(\Phi)$  – плотность распределения глобального показателя  $\Phi$ ;  $L_\Phi$  – интервал изменения  $\Phi$ .

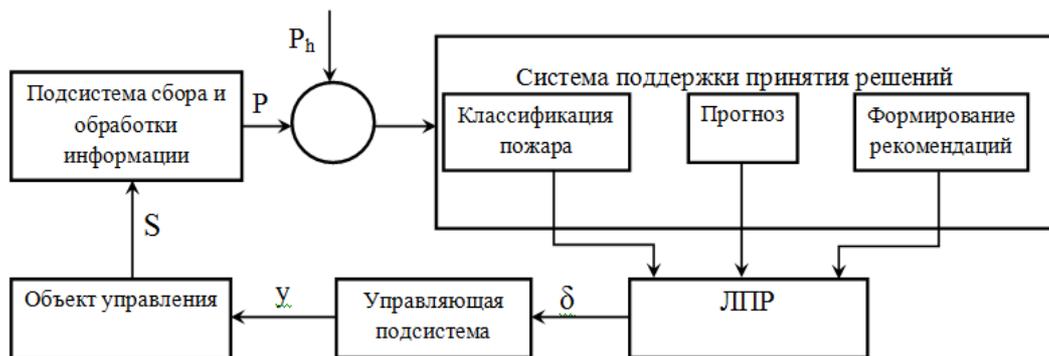


Рис. 2. Контур управления с системой поддержки принятия решений

$P$  – оценка состояния пожара;  $P_h$  – множество значений оценок состояния пожара;  
 $\delta$  – решения;  $y$  – управляющее воздействие;  $S$  – множество показателей, описывающих объект пожара; ЛПР – лицо, принимающее решение

При частичной идентификации неоднородностей объекта ( $HO$ ) энтропия  $H_r > H^*$ . Величина энтропии  $H_r$  подсчитывается по выходным переменным  $y(j = 1, \dots, m)$ , для которых не удалось найти связь с входными переменными  $S_i(i = 1, \dots, n)$  [1]:

$$H(y) = \sum_{j=1}^m - \int_{L_\Phi} W(y_j) \log W(y_j) dy_j.$$

Кроме того, в  $H_r$  войдет величина энтропии для тех выходных переменных, по которым не найдена связь с выходными переменными. Величина энтропии объекта с учетом всех неоднородностей:

$$H_H = H_{HO} + H_{HY},$$

где  $H_{HO}$  – величина энтропии объекта с неоднородными характеристиками;  $H_{HY}$  – величина энтропии при неоднородности задач управления.

Значение энтропии  $H_r$  при частичной идентификации неоднородностей [3] лежит в пределах  $H^* < H_r < H_H$ , и степень идентифицируемости объектов в условиях неоднородностей предлагается сформулировать как:

$$\beta_U = 1 - \frac{H_r - H^*}{H_H - H^*}.$$

При полной идентификации характеристик объекта  $H_r=H^*$  и коэффициента  $\beta_U=1$ . Если идентификацию неоднородностей объекта произвести невозможно, то  $H_r=H_H$  и  $\beta_U=0$ . Следовательно:

$$0 \leq \beta_U \leq 1.$$

Идентифицировать объекты с неоднородными характеристиками – это значит выделить в результате идентификации однородные компоненты математического описания по каждому виду неоднородностей [4]. Под степенью идентифицируемости будем понимать уровень выделения однородных компонент при неоднородности объекта управления.

Для хорошо идентифицируемых объектов удастся выделить однородные компоненты по всем видам неоднородностей  $HO$ , однако из-за наличия ряда неопределенностей не представляется возможным идентифицировать неоднородность задачи управления. Частично идентифицируемые объекты помимо неоднородности задачи управления содержат неоднородные компоненты. Таким образом, в том и другом случае имеет место неоднородность задачи управления. Степень неоднородности задачи управления определяется по формуле:

$$\alpha_{HY} = 1 - \frac{1}{1 - \frac{H_{OY}}{J_{HY}}},$$

где  $H_{OY}$  – энтропия однородной задачи управления.

Вводя меру информации при неоднородности задачи управления  $J_{HY}$ , получим:

$$\alpha_{HY} = 1 - \frac{1}{1 + \frac{H_{OY}}{J_{HY}}},$$

где  $J_{HY}=H_{HY}-H_{OY}$ ; величина энтропии  $H_{HY}$  и  $H_{OY}$  определяется по соответствующим формулам. Критическая мера информации [1] при неоднородности задачи управления будет найдена по формуле:

$$J_{HYKP} = \chi^2$$

со степенями свободы  $(n-1)m$  и критическое значение степени неоднородности задачи управления будет найдено по формуле:

$$\alpha_{HYKP} = \frac{1}{1 + \frac{H_{OY}}{J_{HYKP}}}.$$

Если окажется при исследовании объекта управления, что  $\alpha_{HY} < \alpha_{HYKP}$ , то задача управления однородна и решается существующими методами.

Неоднородность постановки задачи управления (НУ) приводит к задаче оптимального (наиболее эффективного) выбора на множестве альтернатив по информации, поступавшей ЛПР.

Если на уровне постановки задачи управления не имеют место неопределенности, то выбор осуществляется по детерминированным предпочтениям ЛПР. При наличии неопределенностей, когда предпочтения между вариантами управления ЛПР указывают в вероятностной мере, выбор оптимального варианта производится по вероятностным предпочтениям.

Процедура выбора оптимального варианта управления может осуществляться при наличии оценок выбора в вероятностной мере и наличии неопределенностей, когда предпочтение того или иного критерия (или цели) при множестве альтернатив указывается с некоторой вероятностью ( $b=1$ ). В противном случае, когда указывается единственный вариант задачи управления, признак стохастичности  $b=0$ . В первом случае выбор оптимального (эффективного) варианта управления осуществляется по вероятностным предпочтениям ЛПР, во втором случае – по детерминированным.

При выборе варианта оптимального управления не все объекты с неоднородными характеристиками допускают активный поиск. Время поиска может быть ограничено по экономическим, технологическим и техническим причинам ( $c=0$ ). Для решения нетривиальной задачи управления (наличие множества альтернатив выбора варианта управления, отсутствие возможности активного поиска, необходимость частой корректировки параметров управления и т.п.) целесообразно применять метод имитационного эксперимента. Имитационный подход к задачам проектирования алгоритмов и поиска оптимального управления в общем случае определяется следующими факторами:

- небольшие возможности проведения активного эксперимента;
- ограниченность сроков, требуемых для принятия решений при длительном течении процесса;
- наличие случайных помех и возмущений, связанных с изменением не поддавшихся количественной оценке характеристик;
- систематическое изменение управляющих воздействий в процессе управления;
- наличие значительного влияния на процесс ЛПР как управляющего и решающего звена системы управления.

Для проведения имитационного эксперимента необходимо иметь имитационные модели, адекватно описывающие исследуемый процесс.

Поскольку расчеты с использованием таких моделей приходится неоднократно повторять, а с другой стороны, при имитации высокой точности не требуется, имитационные модели должны быть в разумных пределах простыми.

Предлагаемая модель позволяет выбрать оптимальное воздействие на тушение пожара, которое будет зависеть от преимуществ системы поддержки принятия решений, достоверности и эффективности принимаемых решений, от структурируемости по уровням принимаемых решений, оперативности принимаемых решений и полной или частичной идентификации объекта.

### **Литература**

1. Фролов В.Н. Выбор методов управления процессами с неоднородными характеристиками // Адаптация в сложных системах управления: сб. науч. трудов / под ред. Я.З. Цыпкина. Воронеж: ВПИ, 1978. С. 38–47.
2. Кочегаров А.В., Малышев И.Ю. Методы оценки групповых неоднородностей для оптимального варианта управления // Вестник ВГТУ. 2009. Вып. 4. С. 60–62.
3. Кочегаров А.В., Скобликов С.В. Методы обработки экспериментальных данных и моделирования технологического процесса с учетом неоднородности характеристик // Вестник ВГТУ. 2009. Вып. 4. С. 76–80.

4. Кочегаров А.В., Малышев И.Ю. Методы обработки экспериментальных данных с неуправляемыми входными переменными при моделировании технологического процесса // Вестник ВГТУ. 2012. Вып. 2. С. 149–152.