

Каширин Александр Вадимович

Сержант внутренней службы МЧС России по г.Москва

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТУШЕНИЕМ ПОЖАРА**

Несмотря на развитие методов и способов обеспечения пожарной безопасности, ужесточение мер контроля за ее состоянием совершенствование противопожарных технических средств, по информации Всемирного центра пожарной статистики (ВЦПС), сейчас, в первой четверти XXI века, в мире каждый год возникает более 5,6 млн. пожаров. При этом ежегодно гибнет около 75 тысяч человек, а более 700 тысяч человек становятся инвалидами и получают травмы. Такая же ситуация характерна и для России, где по данным МЧС только за 2019 год произошло 56,8 тыс. пожаров, погибло при пожарах 8749 человек, травмировано 9905 человек, уничтожено 34,5 тыс. строений, 6,8 тыс. единиц техники, прямой ущерб составил 13418423 тыс. рублей. Поэтому исследование по совершенствованию как системы пожарной безопасности в целом, так и отдельных вопросов организации тушения пожаров, не теряет своей актуальности и на современном этапе развития человеческого общества.

Одной из проблем, усложняющих тушения пожара является тот факт, что руководителю, осуществляющему управление процессом, приходится значительный объем решений принимать в условиях неопределенности, при этом, чем сложнее текущая ситуация, тем, как правило, жестче оказываются временные рамки принятия решения, сильнее растет ответственность за ошибку, и тем сложнее оказывается с позиции психологии человека, во-первых, принять такое решение, во-вторых, добиться его исполнения.

В связи с этим чрезвычайную важность приобретает возможность для руководителя действовать не на основе индивидуальной интуиции, а иметь возможность обосновать принимаемое решение. Поэтому для анализа и

управления процессом тушения пожара актуальным вопросом становится применение математических и аналитических моделей, и реализуемых на их основе программных продуктов, позволяющими осуществлять управление рисками в процессе тушения пожара.

При решении большинства управленческих задач связанных с принятием решения в ходе тушения пожара (и вообще в ходе противодействия любой чрезвычайной ситуации), объем возможных решений, которые должен принимать руководитель данного процесса, содержит такое число вариантов, что простой их перебор с дальнейшим анализом ситуации, возникающей при выборе каждого из них, оказывается нереализуемым даже с применением системы поддержки принятия решения на базе современной электронно-вычислительной техники.

Проблему принятия решения можно представить, как попытку перевести пожар (или иную рассматриваемую систему) из существующего в данный момент времени состояния в некоторое новое, которое требуется в соответствии с действующей конкретной ситуацией. Принимаемое решение может отвечать ей, но может содержать и более общую информацию относительно адекватных действий в зависимости от обстановки, а также может содержать ошибки.

Такой способ задания поведения определяется как **стратегия поведения**. Выбор какой-либо конкретной стратегии поведения характеризуется фиксацией определенной общности правил и требований, в соответствии с которыми в дальнейшем и принимаются конкретные управленческие решения. При этом выбор стратегии зависит от прошлого, настоящего и будущего состояний системы и среды, в которой она функционирует.

Задача выбора рациональной стратегии поведения является существенно более сложной, чем задача выбора решения в некоторой конкретной ситуации. В этом случае качество выбираемого решения (или выбираемой стратегии поведения), т.е. эффективность управления,

определяется численным значением соответствующего показателя эффективности.

С точки зрения действий руководителя тушения пожара, стратегия поведения может считаться заданной, путем формирования указанной выше общности правил и требований на базе всего объема действующих международных, государственных и внутренних руководящих документов.

Однако даже в этом случае остается элемент неопределенности, поскольку описать все возможные ситуации невозможно, а ряд документов в различных вопросах может противоречить друг другу.

С чисто математической точки зрения задача выбора оптимального управления в конкретной ситуации формулируется как задача отыскания некоего вектора  $X$ , придающего экстремальное значение (максимальное или минимальное – в соответствии со смыслом критерия) показателю качества управления – целевой функции  $F(X)$ .

В том случае, когда стоит вопрос выбора оптимальной стратегии поведения, то соответствующая задача сводится к нахождению векторной функции  $X(t)$ , придающей экстремальное значение целевому функционалу  $J(X(t))$ .

На компоненты вектора  $X$  (и на компоненты векторной функции  $X(t)$ ) обычно накладывается ряд ограничений.

В простейшем случае (при наличии одной переменной) решение такого рода задач достигается методами классического анализа, так как точка  $x'$  придающее экстремальное значение функции  $f(x)$  заданной на некотором интервале  $[a, b]$  является или стационарной точкой (рис. 1, а), или точкой, где производная от  $f(x)$  не определена (рис. 1, б), или одной из двух крайних точек интервала (рис. 1, в).

В этом случае решение поставленной задачи математическими методами не представляет особых сложностей и может быть реализовано при помощи элементарной системы поддержки принятия решения, в том числе аппаратными средствами.

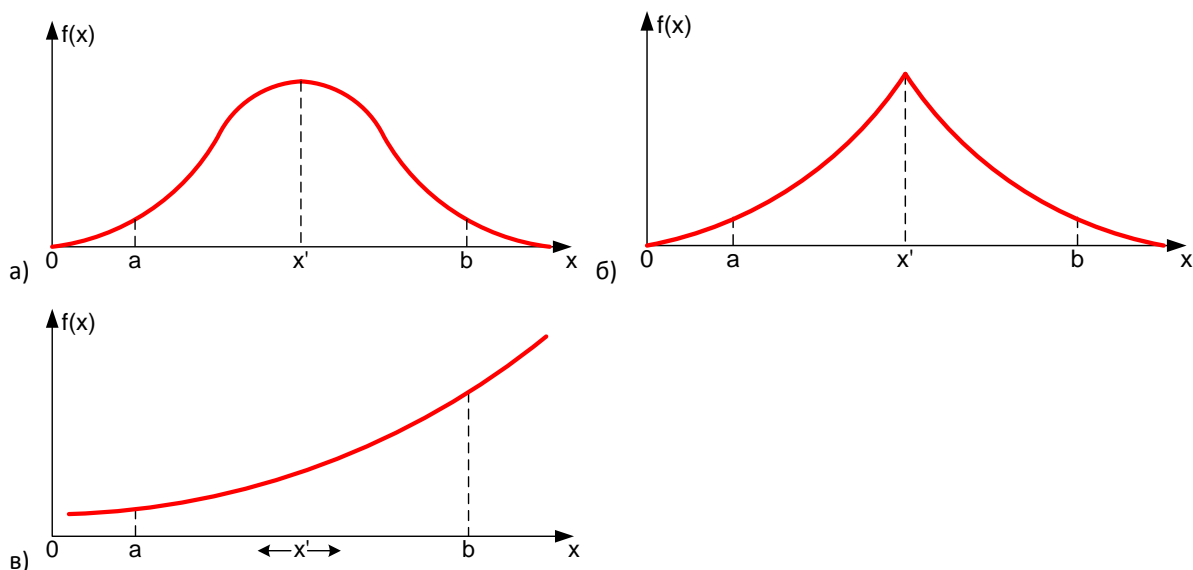


Рисунок 1 – Решение поиска экстремума функции

а – решение является стационарной точкой;

б – решение находится в точке, где производная функции  $f(x)$  не определена;

в – решение находится в одной из двух крайних точек интервала

В практических задачах, при наличии нескольких переменных, решение классическими методами поиска экстремумов функции и функционала сталкивается с рядом сложностей:

1) Сложность аналитического представления исследуемой функции. При решении большого числа практических задач аналитическое представление исследуемой функции может оказаться чрезмерно сложным, что затрудняет поиск экстремума. При этом с ростом размерности задачи резко повышается трудоемкость вычислений.

2) Многоэкстремальность целевой функции. Типичным для практических задач оптимального управления является наличие нескольких экстремальных точек, то есть полученная система уравнений, описывающая исследуемый процесс, может иметь несколько решений. Поиск среди них основного «глобального» экстремума может оказаться достаточно сложной задачей, учитывая тот факт, что уравнения, описывающие тушение пожара, как правило, трансцендентные (т.е. содержат показательные, логарифмические, тригонометрические, обратные тригонометрические функции), а надежные методы определения числа корней таких уравнений не разработаны.

3) Наличие ограничений. При попытке в поиске экстремума функции использовать дифференциальные методы сталкиваются с принципиальной трудностью решения, так как в случае нахождения экстремума на краю исследуемого интервала, производная в этой точке оказывается не равна нулю (рис. 1, в). При этом кроме исследования всех стационарных точек и точек с равной нулю производной, нужно исследовать и крайние точки интервала.

4) Целочисленные значения переменных. Часто задача оптимального управления сводится к поиску решений, которые могут быть представлены только в целочисленном дискретном виде, например число выделяемых людей. В этом случае функция, заданная на дискретном множестве точек, не допускает для отыскания экстремума использования методов, связанных с вычислением производных. Для таких случаев необходима разработка специальной методики оценки эффективности решения.

### **Перечень использованной литературы**

1. Пожары и пожарная безопасность в 2016-18 г.: М.: ВНИИ ПО МЧС РФ, 2018. – 124 с.;
2. Ягодка Е.А. Корректировка методик оценки пожарного риска с учётом теплового потока пожара. Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, Технологии техносферной безопасности. Выпуск №3 (43). Июнь 2012 г.
3. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования; // Техэксперт. [Электронный ресурс]. – Электрон.дан. – [М., 2018];