

вышедшие на пенсию и кто будет пенсионером по новым правилам (при полном стаже).

Литература:

1. *Ядова М.А.* Российская молодежь о старости и пожилых людях: Диапазон мнений и оценок. (Обзор) [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rossiyskaya-molodezh-ostarosti-i-pozhilyh-lyudyah-diapazon-mneniy-i-otsenok>. (дата обращения 22.10.2020).

2. *Друкер П.Ф.* Задачи менеджмента в XXI веке. – Москва–Санкт-Петербург–Киев: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 272 с.

3. *Бобров А.* Дискриминация по возрасту [Электронный ресурс]. – URL: <https://svpressa.ru/blogs/article/273223/> (дата обращения 22.10.2020).

4. *Анисимов В.* Почему наши старики превратились в отверженных? [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.rosbalt.ru/russia/2020/06/10/1848278.html> (дата обращения: 22.10.2020).

5. *Добров Д.* Коронавирус провоцирует конфликт поколений на Западе [Электронный ресурс]. – URL: <https://inosmi.ru/politic/20200525/247490882.html> (дата обращения: 22.10.2020).

Бурлов В.Г., Шершнева А.И., Миронова М.В., Шавуров С.А.

Применение методов нелинейного программирования при управлении безопасностью пожарного

Аннотация: В сфере безопасности остается актуальным вопрос поиска оптимального решения. Математические модели, разрабатываемые в этой области, часто являются многокритериальными. Авторами рассматривается проблема применения методов нелинейного программирования на примере модели обеспечения безопасностью пожарного. В статье отражены основные трудности постановки задачи, а также указаны условия, которые необходимо соблюдать при оптимизации модели, основанной на естественно-научном подходе.

Ключевые слова: пожарный, нелинейное программирование, математическая модель, естественно-научный подход, безопасность

В процессе выполнения своей работы пожарный подвергается воздействию множества факторов. Высокая температура окружающей среды, токсичные вещества в воздухе, практически нулевая видимость, разрушение конструкций здания – всё это негативно сказывается на результате тушения пожара и спасения людей.

Вопрос обеспечения безопасности пожарного является достаточно актуальным, потому что от его защищенности зависит эффективность выполнения работы. Другими словами, чем выше уровень его безопасности, тем больше людей будет спасено из пожара.

Ранее была разработана модель обеспечения безопасности пожарного при спасении людей [1], которая позволяет количественно оценить уровень его безопасности. Подобная модель, учитывающая целевой процесс деятельности пожарного, является условием существования процесса деятельности пожарного, и может быть представлена в виде:

$$P_2 = F(\zeta^+, \zeta^-, \lambda, \nu_1, \nu_2) \quad (1)$$

где:

δ^+ – частота реализации предназначения пожарного;

δ^- – частота срыва деятельности пожарного (характеризует право на ошибку);

λ – частота появления проблемы;

ν_1 – частота идентификации проблемы;

ν_2 – частота нейтрализации проблемы;

P_2 – вероятность того, что целевой процесс выполнен, а проблема идентифицирована и нейтрализована.

Данную математическую модель можно представить в следующем виде:

$$P_2 = \frac{\lambda \cdot \nu_1 \cdot \nu_2 + \zeta^+ \cdot \nu_1 \cdot \nu_2}{\lambda \cdot \zeta^- \cdot \nu_1 + \lambda \cdot \zeta^- \cdot \nu_2 + \lambda \cdot \nu_1 \cdot \nu_2 + \zeta^+ \cdot \nu_1 \cdot \nu_2 + \zeta^- \cdot \nu_1 \cdot \nu_2} \quad (2)$$

Из соотношения (2) видно, что показатель безопасности P_2 зависит от пяти переменных, при этом зависимость нелинейная. В условиях ограничений на информационные и деятельностные ресурсы актуальной становится задача поиска оптимального

решения. Задавая требуемый уровень показателя безопасности и допустимую частоту срывов при постоянных частотах реализации предназначения и проявления проблемы, необходимо определить допустимые (максимальные) частоты идентификации и нейтрализации проблемы. Для задач подобного рода применяются методы нелинейного программирования.

Поиск экстремума целевой функции при введенных ограничениях в виде равенств или неравенств – это общая задача нелинейного программирования [2]. Однако существуют определенные сложности при использовании данного подхода к решению задачи.

Во-первых, не существует единого алгоритма решения, так как каждая задача индивидуальна и требует применения определенного метода нелинейного программирования [3]. Сами методы не имеют конкретных преимуществ друг перед другом, потому что для определенного типа задач подходят конкретные методы [2].

Во-вторых, из-за большого количества условий, которые необходимо учесть при решении задач нелинейного программирования, а также из-за объемов необходимых вычислений процедура поиска оптимального решения представляет определенную трудность и требует наличия специальных знаний [3]. Однако, существуют программы, способные облегчить решение подобных задач, например, в Microsoft Excel есть функция «поиск решения», которая предназначена для решения систем линейных и нелинейных уравнений.

На данный момент известно множество методов нелинейного программирования. Их можно разделить по следующим критериям [2]:

- по аспектам постановки задачи;
- по характерным чертам методов решения;
- по типу вычислительных машин, которые применяют при расчетах;
- по используемому языку программирования.

В вопросах безопасности наибольшее распространение получили задачи поиска оптимального соотношения между издержками на защитные меры и ущербом [4]. В этом случае чаще всего модели строятся на основе теории надежности технических систем, а в качестве метода нелинейного программирования

применяется метод множителей Лагранжа [5]. Этот метод позволяет определить условия, с помощью которых идентифицируются точки оптимума.

В случаях, когда показатели безопасности связаны между собой достаточно сложной зависимостью, необходимо разработать математическую модель уравнения связи (схоже с деревом событий). В результате задача сводится к поиску экстремума функции (в анализируемых материалах приводится задача минимизации суммарных затрат на обеспечение оптимальных показателей безопасности) [5].

Для математической модели обеспечения безопасности пожарного (1) задача минимизации затрат в виде денежных ресурсов не актуальна. В качестве условий необходимо устанавливать ограничения на информационные, деятельностные ресурсы и ресурсы обстановки [6]. При этом соотношение (2) можно свести к функции трех переменных. Для этого необходимо:

- задать требуемую частоту реализации целевого процесса (в условиях пожара пострадавшие должны быть спасены за определенный промежуток времени);
- задать частоту проявления проблемы (важно учесть условие, согласно которому в процессе реализации предназначения возникает хотя бы одна угроза);
- задать допустимую частоту срыва целевого процесса (право на ошибку – сколько срывов может допустить пожарный).

Тогда соотношение (1) примет вид:

$$P_2 = F(v_1, v_2) \quad (3)$$

Решить задачу оптимизации для данной функции значительно легче. В качестве ограничений вводится следующее:

- ограничение на информационные ресурсы – пожарный способен идентифицировать угрозы с определенной частотой, которая определяется его физиологическими показателями (скорость реакции, концентрация внимания и т.д.);
- ограничение на деятельностные ресурсы – физическая подготовка и квалификация пожарного определяют частоту нейтрализации им возникших угроз;
- ограничение на ресурсы обстановки – окружающая среда способна проявлять угрозы с определенной частотой, при этом важно учитывать аксиому, согласно которой в процессе реализации предназначения пожарного возникает хотя бы одна проблема.

В результате можно решить задачу минимизации показателя безопасности по частотам проявления и идентификации проблемы при заданных частотах реализации целевого процесса, срыва целевого процесса и проявления проблемы.

Процесс поиска оптимального решения в области безопасности является достаточно сложной задачей. Методы нелинейного программирования объемны и требуют наличия специальных знаний, а выбор подходящего метода зависит от правильности постановки условия задачи и ограничений. Однако, для математической модели обеспечения безопасности пожарного данные методы являются наиболее подходящими.

Литература:

1. *Бурлов В.Г., Шершнев А.И., Шавуров С.А.* Разработка модели управления процессами обеспечения безопасности пожарного при спасении людей//Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. – 2020. – №. 1. – С. 14-27.
 2. *Химмельблау Д., Быховский И.М., Вавилов Б.Т.* Прикладное нелинейное программирование: Пер. с англ. – М.: Мир, 1975. – 534 с.
 3. *Тимофеев А.Г., Лебединская О.Г.* Поиск быстрого решения задачи нелинейного программирования//Транспортное дело России. – 2019. – №. 2. – С. 48-51.
 4. *Вилисов В.Я., Кленко А.Е.* Моделирование оптимального уровня защиты для обеспечения безопасности объекта//Информационно-технологический вестник. – 2020. – №. 1. – С. 76-85.
 5. *Майструк А.В., Майструк А.А., Резчиков Е.А.* Моделирование задачи оптимизации показателей безопасности сложных систем с учетом эксплуатационных затрат и показателей риска//Машиностроение и инженерное образование. – 2013. – №. 3. – С. 36.
 6. *Бурлов В.Г., Грачев М.И.* Аналитическо-динамическая модель управленческого решения в социально-экономических системах на примере руководителя учебного заведения высшего образования//Сотм-Телекоммуникации и Транспорт. – 2019. – Т. 13. №. 10. – С.27-34.
-
-