

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЛИМИТОВ БЮДЖЕТНЫХ ОБЯЗАТЕЛЬСТВ, ВЫДЕЛЯЕМЫХ НА ЛИКВИДАЦИЮ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ В ПОЖАРООПАСНЫЙ ПЕРИОД

А.К. Черных, доктор технических наук, доцент;

А.Н. Трошин.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Представлен подход к решению задачи (модели) оптимального распределения лимитов бюджетных обязательств, выделяемых на ликвидацию последствий чрезвычайных ситуаций в пожароопасный период, между формированиями МЧС России в условиях, когда имеет место дефицит указанных бюджетных обязательств. Предложен алгоритм реализации модели оптимального распределения лимитов бюджетных обязательств, выделяемых на ликвидацию последствий чрезвычайных ситуаций в пожароопасный период, между формированиями МЧС России, запланированными к применению в указанный период, который имеет универсальный характер, что позволит широкому кругу должностных лиц финансовых органов осуществлять оптимальное распределение ограниченных ресурсов финансовых средств в рамках решения задач финансирования деятельности различных структур министерства. Разработана компьютерная программа, реализующая данный алгоритм.

Ключевые слова: подразделения МЧС России, финансирование подразделений, математическая модель, оптимальное решение, алгоритм модели

MODELING OF DISTRIBUTION OF LIMITS OF THE BUDGETARY OBLIGATIONS ALLOCATED FOR ELIMINATION OF EMERGENCY SITUATIONS DURING THE FIRE-DANGEROUS PERIOD

A.K. Chernykh; A.N. Troshin.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Approach to the solution of a task (model) of optimum distribution of limits of the budgetary obligations allocated for elimination of consequences of emergency situations during the fire-dangerous period between formations of the Ministry of Emergency Situations, in conditions when deficiency of the specified budgetary obligations takes place is presented in article. The algorithm of realization of model of optimum distribution of limits of the budgetary obligations allocated for elimination of consequences of emergency situations during the fire-dangerous period between the formations of the Ministry of Emergency Situations planned to application during the specified period which has universal character that will allow a wide range of officials of financial bodies to carry out optimum distribution of limited resources of financial means within the solution of problems of financing of activity of various structures of the ministry is offered. The computer program realizing this algorithm is developed.

Keywords: divisions of EMERCOM of Russia, financing of divisions, mathematical model, optimum decision, algorithm of model

Защита жизни и здоровья людей, государственного и муниципального имущества, имущества граждан и юридических лиц от чрезвычайных ситуаций (ЧС) является одной из основных целей государственной политики в области обеспечения национальной

безопасности страны [1, 2]. Во время пожароопасного периода важность этой задачи увеличивается в несколько раз. Но выполнение данной задачи невозможно без соответствующего финансирования. Однако факт выделения денежных средств и их объем еще не гарантируют результативности в вопросах совершенствования стратегии противостояния названным угрозам. Эффективное использование выделенных ассигнований возможно путем разработки математической модели управления при осуществлении финансирования мероприятий по ликвидации последствий ЧС в пожароопасный период [3].

Предлагается рассмотреть вопрос применения моделей целочисленного математического программирования [4], позволяющих осуществлять оптимальное планирование использования лимитов бюджетных обязательств, выделенных на ликвидацию ЧС в пожароопасный период.

Рассмотрим математическую постановку задачи (модели) распределения лимитов бюджетных обязательств, выделенных на ликвидацию ЧС в пожароопасный период:

$$\min_{\{x_i\}} F(x) = \sum_{i=1}^n C_i \frac{d_i}{x_i} \quad (1)$$

при ограничениях:

$$\sum_{i=1}^n x_i = G, \quad (2)$$

$$b_i x_i \leq d_i, \quad i = \overline{1, n}, \quad (3)$$

$$x_i - \text{целые}, \quad i = \overline{1, n}, \quad (4)$$

где x_i – лимиты бюджетных обязательств, выделенных на ликвидацию последствий ЧС в пожароопасный период для i формирования МЧС России, тыс. руб.; C_i – показатель важности i формирования МЧС России, число; G – общий ресурс лимитов бюджетных обязательств, выделенных на ликвидацию последствий ЧС в пожароопасный период для всех формирования МЧС России, запланированных к применению в этот период, тыс. руб.; d_i – максимально возможный объем лимитов бюджетных обязательств, выделяемых на ликвидацию последствий ЧС в пожароопасный период, который требуется для i формирования МЧС России, тыс. руб.; n – количество формирования МЧС России, нуждающихся в лимитах бюджетных обязательств, выделяемых на ликвидацию последствий ЧС в пожароопасный период, число.

Как правило, задачи такого класса решаются методами математического моделирования, сетевого планирования и управления или на основе специально разработанных эвристических алгоритмов [5–10].

В рамках указанного подхода предлагается алгоритм решения модели (1–4), аналогичный алгоритму, рассмотренному в статье [11], следующего вида.

Шаг 1. Если $\sum_{i=1}^n x_i \leq G$, то $x_i = d_i$ ($i = \overline{1, n}$) и переход на шаг 8. Если же $\sum_{i=1}^n x_i > G$,

то из рассматриваемого множества формирований МЧС России последовательно удаляем те из них, которые имеют наименьшую важность до тех пор, пока суммарная минимальная потребность в лимитах бюджетных обязательств оставшихся формирований МЧС России не станет меньше или равной выделенного ресурса G .

Шаг 2. Рассматривается модель вида:

$$\min_{\{x_i\}} \sum_{i=1}^n C_i d_i / x_i \text{ при ограничении } \sum_{i=1}^n x_i = G.$$

Компоненты вектора-решения $X^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ этой модели определяются следующим образом:

$$x_i^* = G \sqrt{c_i d_i} / \sqrt{\sum_{j=1}^n c_j d_j}. \quad (5)$$

Шаг 3. Проверка выполнимости ограничительных условий для компонент найденного решения $x_i^* \leq d_i$ ($i = \overline{1, n}$). Если все компоненты удовлетворяют требуемым ограничениям, то решение модели (1–3) (в дальнейшем будем называть её непрерывной моделью) получено и переход на шаг 5.

Шаг 4. Значения тех x_i^* , которые удовлетворяют условию $x_i^* > d_i$, полагаем равными d_i и рассматриваем следующую модель:

$$\min_{\{x_i\}} \sum_{i \in M} C_i d_i / x_i \text{ при ограничении } \sum_{i \in M} x_i = G - \sum_{i \notin M} d_i,$$

где $M = \{i : i = \overline{1, 2, \dots, n}, x_i^* \leq d_i\}$. В соответствии с формулой (5) находим решение этой модели и переход на шаг 3.

Шаг 5. Если все компоненты вектора-решения непрерывной модели (1–3) – X^* являются целочисленными, то решение исходной модели (1–4) найдено и переход на шаг 8.

Шаг 6. Если в векторе X^* отсутствуют целочисленные компоненты, то переход на шаг 7. Если же у вектора X^* m ($m < n$) целочисленных компонент, то «отсекаем» их и, перенумеровав оставшиеся нецелочисленные компоненты, получаем новый вектор $X^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$, где n уменьшается (корректируется) на величину m . Значение G в ограничениях модели (1–4) корректируем следующим образом:

$$G := G - \sum_{j \in J} x_j^*, \text{ где } J = \{j : x_j^* - \text{целые}\}. \quad (6)$$

Шаг 7. Вычисление множества значений $Z_i = c_i d_i / [x_i^*] - c_i d_i / ([x_i^*] + 1)$ ($i = \overline{1, n}$) и выбор N_1 максимальных из них (N_1 определяется по формуле $N_1 = G - \sum_{i=1}^n [x_i^*]$). Решением исходной модели (1–4) является вектор, включающий «отсеченные» на шаге 6 целочисленные компоненты, а также N_1 компонент, имеющих значение $[x_i^*] + 1$ и $(n - N_1)$ компонент со значением $[x_i^*]$.

Шаг 8. Останов.

Приведём теоретическое обоснование оптимальности предлагаемого алгоритма распределения лимитов бюджетных обязательств, выделяемых на ликвидацию последствий ЧС в пожароопасный период. В этих целях сформулируем (не приводя их доказательства) два утверждения, лежащие в основе доказательства оптимальности предложенного алгоритма.

Утверждение 1. Пусть $X^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ решение модели (1–3) и пусть x_i^* – нецелочисленная компонента найденного решения.

Тогда $\min_{x_i \in J} F(x)$, где $J = \{x_i : x_i - \text{целые}, b_i \leq x_i \leq d_i\}$ равен:

$$\min(F(x'_1, x'_2, \dots, [x_i^*], \dots, x'_n), F(x''_1, x''_2, \dots, [x_i^*] + 1, \dots, x''_n)),$$

где $X' = (x'_1, x'_2, \dots, [x_i^*], \dots, x'_n)$ и $X'' = (x''_1, x''_2, \dots, [x_i^*] + 1, \dots, x''_n)$ – векторы, компоненты которых удовлетворяют условию (2).

Утверждение 2. Пусть $X^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ – полностью нецелочисленное решение модели (1–3) и $N_1 = G - \sum_{i=1}^n [x_i^*]$. Выберем N_1 наибольших значений из совокупности $z_i = c_i d_i / [x_i^*] - c_i d_i / ([x_i^*] + 1)$, $i = \overline{1, n}$. Тогда каждому из выбранных z_i в векторе X^* , являющимся решением модели (1–4), соответствует компонента со значением $[x_i^*] + 1$.

Отметим также важное следствие, вытекающее из утверждения 1.

Значение целевой функции $F(x)$ модели (1–4) по любой i нецелочисленной компоненте не может быть улучшено на векторах, удовлетворяющих условию (2), а в качестве i компоненты имеющих значения, отличные от $[x_i^*]$ и $[x_i^*] + 1$. Тем самым это означает, что решение модели (1–4) следует искать среди множества значений $[x_i^*]$ и $[x_i^*] + 1$ ($i = \overline{1, n}$), удовлетворяющих условию (2).

Заметим, что оценку эффективности рассмотренной модели можно осуществлять с использованием методик, предложенных в работах [12, 13].

На основе предложенного алгоритма разработана компьютерная программа, которая осуществляет оптимальное распределение лимитов бюджетных обязательств, выделяемых на ликвидацию последствий ЧС в пожароопасный период.

В качестве исходных данных для компьютерной программы заданы: общий ресурс лимитов бюджетных обязательств, выделенных на ликвидацию последствий ЧС в пожароопасный период для всех формирования МЧС России – 1 500 тыс. руб., а также данные по каждому формированию МЧС России, которым должны выделяться финансовые средства (табл.).

Таблица. Данные по формированиям МЧС России

№ п/п	Наименование формирований МЧС России	Потребности в объёмах лимитов бюджетных обязательств (d_i), тыс. руб.	Важности формирований МЧС России (C_i), число
1	ФГКУ ЦУКС	210	150
2	ФГКУ СПСЧ	150	90
3	ФГКУ 1 отряд ФПС	175	80
4	ФГКУ 2 отряд ФПС	175	80
5	ФГКУ 3 отряд ФПС	130	50
6	ФГКУ 4 отряд ФПС	175	100
7	ФГКУ 5 отряд ФПС	175	90
8	ФГКУ 6 отряд ФПС	175	90
9	ФГКУ 7 отряд ФПС	190	100
10	ФГКУ 8 отряд ФПС	205	150

Результаты реализации компьютерной программы приведены на рисунке, а также представлены следующие исходные данные для компьютерной программы:

- $N = 5$ – количество формирований МЧС России, для которых проводятся расчеты, число;
- $RES = 1.500$ – общий ресурс лимитов бюджетных обязательств, выделенных на ликвидацию последствий ЧС в пожароопасный период для всех формирования МЧС России, запланированных к применению в этот период, тыс. руб.;
- $IMPOT_j (j = \overline{1,10})$ – показатель важности j формирования МЧС России, число;
- $POTR_j (j = \overline{1,10})$ – максимально возможный объём лимитов бюджетных обязательств, выделяемых на ликвидацию последствий ЧС в пожароопасный период, который требуется для j формирования МЧС России, тыс. руб.;
- $X_j (j = \overline{1,10})$ – лимиты бюджетных обязательств, выделенных на ликвидацию последствий ЧС в пожароопасный период для j формирования МЧС России (оптимальное решение модели (1–4), тыс. руб.

	POTR	IMPOT	X
1	210	150	203,62
2	150	90	133,30
3	175	80	135,75
4	175	80	135,75
5	130	50	92,498
6	175	100	151,77
7	175	90	143,98
8	175	90	143,98
9	190	100	158,14
10	205	150	201,18

Рис. Результаты реализации модели

В качестве заключения отметим, что реализация предлагаемого подхода к решению указанной задачи (модели) позволяет получать оптимальное распределение лимитов бюджетных обязательств, выделяемых на ликвидацию последствий ЧС в пожароопасный период, и представляет интерес в качестве элемента автоматизированной системы поддержки принятия решений по предупреждению и ликвидации последствий ЧС.

Литература

1. Основы государственной политики в области обеспечения безопасности населения Российской Федерации и защищенности критически важных и потенциально опасных

объектов от угроз природного, техногенного характера и террористических актов на период до 2020 года: Поручение Президента Рос. Федерации от 15 нояб. 2011 г. № Пр-3400. Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».

2. О дополнительных мерах по повышению уровня пожарной безопасности и предупреждения чрезвычайных ситуаций межмуниципального и регионального (Московской области) характера, стихийных бедствий и ликвидации их последствий на территории Московской области: Постановление Правительства МО от 4 апр. 2006 г. № 268/10. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

3. Об утверждении Порядка составления, утверждения и ведения бюджетных смет федеральных казенных учреждений, находящихся в ведении МЧС России: Приказ МЧС России от 22 сент. 2010 г. № 470. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

4. Костюк А.В., Черных А.К. Об оптимальном распределении временного ресурса по изучаемым темам // Теоретические и прикладные вопросы образования и науки: сб. научных трудов по материалам Междунар. науч.-практ. конф. 2014. С. 50–51.

5. Метод распределения неоднородных ресурсов при управлении организационно-техническими системами / Е.Г. Анисимов [и др.] // Вопросы оборонной техники. Сер. 16: Технические средства противодействия терроризму. 2016. № 3–4 (93–94). С. 20–26.

6. Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г., Барабанов В.В. Проблема сравнения и выбора варианта построения системы безопасности // Актуальные проблемы защиты и безопасности: тезисы докладов IV Всерос. науч.-практ. конф. 2001. С. 119.

7. Моделирование оптимизационных задач поддержки принятия решений в инновационном менеджменте / В.Г. Анисимов [и др.] // Вестник Российской таможенной академии. 2016. № 1 (34). С. 90–98.

8. Маслаков М.Д., Черных А.К. Об оценке срока выполнения одного класса комплексных работ на связных множествах объектов на основе математического моделирования // Проблемы управления рисками в техносфере. 2014. № 1 (29). С. 73–80.

9. Вагнер Г. Основы исследования операций. М.: Мир, 1972. Т. 1. 335 с.

10. Вагнер Г. Основы исследования операций. М.: Мир, 1972. Т. 2. 487 с.

11. Черных А.К. Теоретические положения моделирования распределения сил и средств внутренних войск по служебно-боевым задачам // Междисциплинарные исследования в сфере интеграции образования и науки: сб. науч. трудов. СПб., 2014. С. 151–155.

12. Маслаков М.Д., Багрецов С.А., Черных А.К. Об одном подходе к оценке эффективности математических моделей // Проблемы управления рисками в техносфере. 2013. № 3 (27). С. 67–73.

13. Применение цепей Маркова к оценке вычислительной сложности симплексного метода / А.О. Алексеев [и др.] // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. 1988. № 3. С. 59–63.

References

1. Osnovy gosudarstvennoj politiki v oblasti obespecheniya bezopasnosti aseleniya Rossijskoj Federacii i zashchishchennosti kriticheski vaznyh i potencial'no opasnyh ob'ektov ot ugroz prirodnogo, tekhnogennogo haraktera i terroristicheskikh aktov na period do 2020 goda: Poruchenie Prezidenta Ros. Federacii ot 15 noyab. 2011 g. № Pr-3400. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Garant».

2. O dopolnitel'nyh merah po povysheniyu urovnya pozharnoj bezopasnosti i preduprezhdeniya chrezvychajnyh situacij mezhmunicipal'nogo i egional'nogo (Moskovskoj oblasti) haraktera, stihijnyh bedstvij i likvidacii ih posledstvij na territorii Moskovskoj oblasti: Postanovlenie Pravitel'stva MO ot 4 apr. 2006 g. № 268/10. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».

3. Ob utverzhdenii Poryadka sostavleniya, utverzhdeniya i vedeniya byudzhetnyh smet federal'nyh kazennyh uchrezhdenij, nahodyashchihsya v vedenii MCHS Rossii: Prikaz MCHS Rossii ot 22 sent. 2010 g. № 470. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
4. Kostyuk A.V., CHernyh A.K. Ob optimal'nom raspredelenii vremennogo resursa po izuchaemym temam // Teoreticheskie i prikladnye voprosy obrazovaniya i nauki: sb. nauchnyh trudov po materialam Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. 2014. S. 50–51.
5. Metod raspredeleniya neodnorodnyh resursov pri upravlenii organizacionno-tehnicheskimi sistemami / E.G. Anisimov [i dr.] // Voprosy oboronnoj tekhniki. Ser. 16: Tekhnicheskie sredstva protivodejstviya terrorizmu. 2016. № 3–4 (93–94). S. 20–26.
6. Anisimov V.G., Anisimov E.G., Barabanov V.V. Problema sravneniya i vybora varianta postroeniya sistemy bezopasnosti // Aktual'nye problemy zashchity i bezopasnosti: tezisy dokladov IV Vseros. nauch.-prakt. konf. 2001. S. 119.
7. Modelirovanie optimizacionnyh zadach podderzhki prinyatiya reshenij v innovacionnom menedzhmente / V.G. Anisimov [i dr.] // Vestnik Rossijskoj tamozhennoj akademii. 2016. № 1 (34). S. 90–98.
8. Maslakov M.D., CHernyh A.K. Ob ocenke sroka vypolneniya odnogo klassa kompleksnyh rabot na svyaznyh mnozhestvah ob"ektov na osnove matematicheskogo modelirovaniya // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2014. № 1 (29). S. 73–80.
9. Vagner G. Osnovy issledovaniya operacij. M.: Mir, 1972. T. 1. 335 s.
10. Vagner G. Osnovy issledovaniya operacij. M.: Mir, 1972. T. 2. 487 s.
11. CHernyh A.K. Teoreticheskie polozheniya modelirovaniya raspredeleniya sil i sredstv vnutrennih vojsk po sluzhebno-boevym zadacham // Mezhdisciplinarnye issledovaniya v sfere integracii obrazovaniya i nauki: sb. nauch. trudov. SPb., 2014. S. 151–155.
12. Maslakov M.D., Bagrecov S.A., CHernyh A.K. Ob odnom podhode k ocenke ehffektivnosti matematicheskikh modelej // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2013. № 3 (27). S. 67–73.
13. Primenenie cepej Markova k ocenke vychislitel'noj slozhnosti simpleksnogo metoda / A.O. Alekseev [i dr.] // Izvestiya Rossijskoj akademii nauk. Teoriya i sistemy upravleniya. 1988. № 3. S. 59–63.