Посилання на статтю

Квашук В.П. Формалізація оптимального розподілу ресурсів в проектах офісного управління цивільним захистом / В.П. Квашук, Ю.П. Рак // Управління проектами та розвиток виробництва: Зб.наук.пр. – Луганськ: вид-во СНУ ім. В.Даля, 2013 - №1(45). - С. 100-108. - Режим доступу: http://www.pmdp.org.ua/images/Journal/45/16.pdf

УДК 005+69.03+004.424

В.П. Квашук, Ю.П. Рак

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ РЕСУРСІВ В ПРОЕКТАХ ОФІСНОГО УПРАВЛІННЯ ЦИВІЛЬНИМ ЗАХИСТОМ

Виконано формалізацію математичної постановки та розроблено метод вирішення задач оптимального розподілу ресурсів між елементами деякої множини захисних заходів при проектно-орієнтованому управлінні офісною організаційною структурою у сфері цивільного захисту. Рис. 1, дж. 7.

Ключові слова: проект, множина, ресурси, формалізація, офіси, цивільний захист, оптимізація, управління, портфелі проектів.

В.П.Квашук, Ю.П. Рак

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ В ПРОЕКТАХ ОФИСНОГО УПРАВЛЕНИЯ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ

Выполнена формализация математической постановки и разработан метод решения задач оптимального распределения ресурсов между элементами некоторого множества защитных мер при проектно-ориентированном управлении офисной организационной структурой в сфере гражданской защиты.

V.P. Kvashuk, Y.P. Rak

FORMALIZATION OF OPTIMAL RESOURCE ALLOCATION IN THE PROJECT OF CIVIL PROTECTION OFFICE MANAGEMENT

Formalization of mathematical formulation is done and method is developed to solve tasks of the optimal resource allocation between elements of some set of protective measures in project-oriented management of the office organizational structure in branch of civil protection.

Вступ. Ускладнення динаміки глобальних екологічних та кліматичних змін світового суспільства вимагає оперативного впровадження у систему цивільного захисту проектно-орієнтованого управління. Основними компонентами управління проектами та програмами повинні бути офісний підхід, гнучкість управління проектами (програмами або портфелем) та моделювання процесу оптимального розподілу ресурсів в сфері цивільного захисту. Офісне управління проектами дозволить забезпечити підтримку встановлених стандартів та оптимальну взаємодію управління між менеджерами різноманітних проектів, портфелів проектів та програм. Офіс управління проектами в сфері цивільного захисту забезпечить оптимальний розподіл ресурсів, єдність проектів, портфелів проектів та програм і як результат, стратегію розвитку організацію (системи цивільного захисту). Отже формалізація задачі оптимального розподілу матеріальних, фінансових тощо ресурсів з метою удосконалення єдиної системи цивільного захисту є задачею актуальною

Постановка проблеми. Ефективність управління системою цивільного захисту досягається шляхом використання практики управління проектами та програмами, як основи взаємодії різних структур, відомств тощо, з урахуванням динаміки змін швидкоплинних конфліктних ситуацій.

Реалізація поставленої задачі досягається шляхом розробки математичної моделі для формалізації оптимізаційних структур при розподілі ресурсів в проектах, портфелях проектів та програмах на основі офісного управління організаційною структурою системи цивільного захисту. Основною функцією системи цивільного захисту є забезпечення стану безпеки життєдіяльності людини із врахуванням впливу зовнішнього (турбулентного) середовища, а також слабо прогнозованих швидкоплинних процесів від надзвичайних ситуацій природнього та техногенного характеру.

Аналіз останніх досліджень. Проведений аналіз наукових досліджень у роботах [1,2,3] вітчизняних та зарубіжних вчених в області управління проектами і програмами показав на відсутність системно-цілісних результатів науково-практичних досліджень щодо офісного управління системою цивільного захисту з формалізацією задачі оптимального розподілу ресурсів на основі використання методів оптимального розподілу ресурсів між елементами деякої множини захисних заходів.

На сьогодні відомі результати наукових досліджень щодо управління складовими системи в проектах та програмах, представлених в роботах, С. Бушуєва, В. Рача, С. Чернова, Ю. Рака, О. Медвєдєва І. Кононенко тощо.

Представлені у публікаціях наукові дослідження, що торкаються проектно-орієнтованого управління офісом організаційної структури у сфері цивільного захисту не мають цілісної структури, системного підходу та містять фрагментарний характер.

Мета роботи полягає у розробці методу формалізації математичної моделі для вирішення задачі оптимального розподілу ресурсів між елементами деякої множини захисних заходів у проектах при офісному управлінні організаційною структурою системи цивільного захисту.

Основна частина дослідження. У загальному вигляді оптимізаційну задачу (для визначеності обмежимося випадком мінімізації; задачі максимізації легко зводяться до зазначеного типу) записують так:

$$\begin{cases} y = f(x) \to \min, \\ x \in X, \end{cases} \tag{1}$$

де ***X –*** множина допустимих планів (альтернатив, дій, варіантів управлінських рішень); ***f*** – деяка дійсна функція, визначена на множині ***X,*** – разом із вимогою мінімізації вона називається цільовою функцією.

Розв'язок задачі мінімізації утворює пара < ***X*, y* >,*** де ***X**** – множина оптимальних планів:

$$X^* = \left\{ x \in X \;\; f\left(x^*\right) < f\left(x\right) \forall x \in X \right\}, \tag{2}$$

y* – оптимальне (зараз – мінімальне або найменше) значення цільової функції:

$$y^{*} = f\left(x^{*}\right) \forall x^{*} \in X^{*}. \qquad (3)$$

Спеціалістами у сфері цивільного захисту населення і територій для вирішення цих задач загальноприйнятих підходів поки-що не вироблено. Робляться перші спроби постановки задач оптимального розподілу ресурсів між елементами деякої множини захисних заходів.

При цьому зауважимо, що оцінка ризику спирається на ймовірнісний підхід, який полягає у визначенні добутку умовної ймовірності настання небезпечної події та можливого збитку від неї [4,5,6,7].

За основу оцінок безпеки нами приймаються такі види та значення ризиків:

незначний ризик – не більше, ніж $1*10^{-6}$;

припустимий ризик – більше ніж $1*10^{-6}$, але менший $5*10^{-5}$;

високий (терпимий) ризик – більше ніж $5*10^{-5}$, але менший $5*10^{-4}$;

неприпустимий ризик – більше ніж $5*10^{-4}$.

Наведені види та розміри ризиків сформовані на підставі попередніх досліджень та вивчення міжнародного досвіду.

Сформулюємо математичну постановку задачі оптимального розподілу ресурсів між елементами деякої множини захисних заходів наступним чином.

Позначимо через ***R(x)*** індивідуальний ризик на межі безпечної зони об’єкта підвищеної небезпеки. Величина ***R(x)*** є кількісною мірою небезпеки і розраховується як добуток імовірності небажаної події на величину можливого збитку від неї. Крім того, ***R(x)*** являється функцією від захисних засобів, які проводяться на об’єкті і визначається залежністю:

$$R\left(x\right) = F \times P \times B, \qquad (4)$$

де ***F*** – імовірність реалізації небезпечного фактора на протязі року.

Ця величина розраховується за спеціальною методикою і є функцією від захисних заходів, що проводяться на об’єкті – ***F(x)***. Для обчислення імовірності ***F(x)*** використовується апостеріорно-частотний підхід, який базується на частотній концепції імовірності.

P – рівень пошкодження об’єкта при реалізації небезпечного фактора (математичне сподівання долі пошкодження об’єкта у випадку реалізації небезпечного фактора, або коефіцієнт ушкодження об’єкта).

Ця величина теж розраховується за спеціальною методикою і є функцією від захисних заходів, що проводяться на об’єкті ***P(x).***

B – балансова вартість об’єкта з урахуванням економічних втрат, пов’язаних із поверненням об’єкта до попереднього стану, тобто до початкового стану, який мав об’єкт до дії на нього небезпечного фактора.

Таким чином, вартість включає в себе як прямий збиток, так і непрямий, який може мати місце при впливі небезпечних факторів як на людей, так і на об’єкти неживої природи (будівлі, установки, споруди).

Наведена залежність (4) дозволяє змінювати очікуваний збиток шляхом проведення захисних засобів, спрямованих як на зменшення частоти, так і на зниження рівня пошкодження об’єкта при реалізації небезпечного фактора. Так як захисні заходи являються витратними і фактично збільшують початкову балансову вартість об’єкта до аварії, то може бути вирішена задача вибору деякого комплексу захисних заходів, для яких очікуваний збиток буде мінімальним, або обернена задача по мінімізації вкладених ресурсів на задане обмеження очікуваного збитку.

Введемо наступні позначення:

$B_0^б$ **–** балансова вартість об'єкта до проведення захисних заходів:

N* –** число захисних заходів, спрямованих як на зниження імовірності реалізації небезпечного фактора (величини ***P (x)), так і на зниження рівня пошкодження об'єкта при реалізації небезпечного фактора ***(P(x)).***

$t_i^{експ}$ – розрахований час експлуатації ***i***-го заходу до капітального ремонту або реконструкції об'єкта;

$в_i^{експ}$ – середньорічні експлуатаційні витрати, пов'язані з реалізацією г-го заходу;

V – середньорічний об'єм ресурсів, виділених на проведення захисних заходів у розглядуваний період планування;

$в_0^б$ **–** частина вартості проведення ***i-г***о заходу, яка враховується у балансовій вартості або в інших статтях матеріальних активів;

B_i – повна вартість проведення ***i*** -го заходу;

$в_i$ – приведена річна вартість проведення ***i***-го заходу, яка обчислюється за ***формулою:***

$$в_i = B_i \ / \ t_i^{експ} + в_i^{експ}, \tag{5}$$

де x_i **–** цілочисельна змінна бульового типу, яка приймає значення 1, якщо ***i***-тий захід не включається в план заходів на розглядуваний період планування і значення 0 у протилежному випадку;

R_x – індивідуальний ризик на межі безпечної зони даного об'єкта.

Ця величина розраховується за спеціальною методикою, являється функцією від захисних заходів, що проводяться на об'єкті і визначається залежністю:

$$R\left(x\right) = F\left(x\right) \times P_{БЗ} . \tag{6}$$

Введемо додатково деякі векторні позначення на множині описаних вище змінних і констант:

$$x = \left(x_1, \ \ldots, x_n\right), \ в = \left(в_1, \ \ldots, в_n\right), \ в^б = \left(в_1^б, \ \ldots, в_n^б\right). \tag{7}$$

Необхідність введення констант обумовлена тим, що не всі витрати, пов'язані з проведенням захисних заходів, збільшують балансову вартість об'єкта, яка і враховується при оцінці розмірів збитку від надзвичайних ситуацій.

Ми ввели змінну $в_i$ **–** приведену річну вартість, що обумовлено тим, що поряд з поточними щорічними заходами розглядаються заходи з більш тривалим терміном експлуатації. У цьому випадку робиться одноразове фінансування, яке може істотно перевершити об'єм середньорічних витрат.

Таке фінансування може бути забезпеченим через механізм кредитування. Припустимість даного об'єму кредитування, тобто можливість його повернення на протязі розглядуваного періоду планування, виходячи із середньорічних ресурсів, виділених на проведення захисних заходів у розглядуваний період планування ***V,*** обумовлена обмеженнями задачі.

Згідно наших позначень ***F*** – імовірність реалізації небезпечного фактора на протязі року. Тоді імовірність реалізації небезпечного фактора двічі на протязі року – F^2**,** тричі **–** F^3 і т.д. Математичне сподівання річного збитку у цьому випадку запишеться у вигляді:

$$R = F \times P \times B + F^3 \times P \times 2B + F^3 \times P \times 3B = F \times P \times B \times \left(1 + 2F + 3F^3 + \ldots\right), \quad (8)$$

де ***B*** **–** поточна балансова вартість об'єкта.

Позначимо суму ряду як

$$S\left(F\right) = 1 + 2F + 3F^2 + 4F^2 + \ldots . \quad (9)$$

Тоді обчислимо:

$$\psi\left(x\right) = \int_0^x S\left(t\right) dt = \int_0^x \left(1 + 2t + 3t^2 + \ldots\right) dt = t + t^2 + t^3 + \ldots \Big|_0^x = \frac{t}{1-t}\Big|_0^x = \frac{x}{1-x}. \quad (10)$$

Таким чином,

$$\frac{d\psi}{dF} = S\left(F\right) = \frac{1}{1-F^2}. \quad (11)$$

Так як при малих ***F*** вираз ***1/(1-F²)*** дуже близький до 1, то можна прийняти, що

$$R = F \times P \times B. \quad (12)$$

Тоді у векторному вигляді задача мінімізації середньорічного очікуваного збитку на об'єкті за рахунок проведення захисних заходів від надзвичайних ситуацій з врахуванням умови безпечного ризику може бути записана у вигляді:

$$F\left(x\right) = P\left(x\right) \times \left(B_0^б + \left(B^б, x\right)\right) \to \min_x , \quad (13)$$

$$\left(B, x\right) \le V, \quad (14)$$

$$R\left(x\right) \le 1 \times 10^{-6}, \quad (15)$$

$$x_j \in \left\{0,1\right\},\ j = 1, \ldots, m .$$

Обмеження (14) означає, що сума середньорічних витрат не перевищує заданої величини ***V***.

Сформульована задача являється цілочисельною, має лінійні (14) та нелінійні (15) обмеження і досить складний нелінійний функціонал.

Для розв'язку задачі мінімізації ресурсів, необхідних для забезпечення прийнятого рівня ризику сформулюємо математичну постановку задачі, в деякому розумінні обернену до задачі (13), а саме задачу мінімізації ресурсів, необхідних для забезпечення очікуваного річного збитку (ризику), не вище заданого.

До вищеописаних позначень добавимо ще значення ***R*.***

R* **–** задане обмеження зверху на величину очікуваного річного збитку. Формалізація цієї задачі приводить до наступних співвідношень:

$$V \to \min_{x}, \tag{16}$$

$$\left(B, x\right) \le V,$$

$$F\left(x\right) \times P\left(x\right) \times \left(B_0^{б} + \left(B^{б}, x\right)\right) \le R^*, \tag{17}$$

$$R\left(x\right) \le 1 \times 10^{-6}, \tag{18}$$

$$x_j \in \left\{0,1\right\},\ j = 1, \ldots, m.$$

Задача мінімізації ресурсів, необхідних для забезпечення очікуваного збитку, не вище заданого, з математичної точки зору являється, як і перша, нелінійною задачею цілочисельного програмування.

Вибір методів і алгоритмів для вирішення цих задач передбачає наступне.

Припустимо, що між захисними засобами можуть існувати деякі апріорно задані взаємозв'язки, які можуть диктуватися технічними чи іншими міркуваннями. Розглянемо взаємозв'язки трьох типів.

1) ***I –*** тий захід може проводитися лише при умові проведення ***j*** – того заходу. Такі обмеження можна записати наступним чином:

$$x_i - x_j <= 0; \tag{19}$$

2) ***I*** – тий захід та ***j*** – тий захід є взаємовиключними (альтернативними). Таке обмеження можна записати наступним чином:

$$x_i + x_j = 1; \tag{20}$$

3) ***K*** -тий захід може проводитися лише при умові проведення одного із альтернативних заходів ***i*** або ***j***. У цьому випадку обмеження може бути представлено у наступному вигляді:

$$x_k - x_i - x_j \le 0, \tag{21}$$

$$x_i + x_j = 1. \tag{22}$$

Таким чином, в загальному вигляді додаткові обмеження, які відображають взаємозв'язок окремих заходів, являються лінійними і їх можна записати з допомогою деяких матриць ***A*** і ***B,*** що складаються із елементів (0, 1, -1) наступним чином:

$$Ax \le 0; \tag{23}$$

$$Bx = 1. \tag{24}$$

Таким чином, у задачах (13) і (16) появилися додаткові лінійні обмеження у вигляді нерівностей (23) і (24).

Оскільки обмеження (17) і (18) задачі (16) не являються лінійними, то задачу (16) не можна розглядати як задачу цілочисельного лінійного програмування. Однак, як буде показано нижче, функціонал задачі (13) і функції, що входять в обмеження (16), (17) і (18), являються поліноміальними.

Для цього розглянемо конструкцію функції ***F(x)*** на прикладі такої техногенної надзвичайної ситуації, як вибух у резервуарі. Побудуємо для неї ілюстративний приклад логіко-імовірнісної моделі - так зване дерево подій (рис.1).

Якщо позначити імовірності подій 1, 2, 3, 4 як P_1, P_2, P_3, P_4, то імовірність виникнення головної події можна виразити наступним чином:

$$F = 1 - \left(1 - P_1\right) \times \left(1 - P_2\right) \times \left(1 - \left(1 - P_3 \times P_4\right)\right). \quad (25)$$

Звідси видно, що імовірність ***P*** = ***F*** (P_1, P_2, P_3, P_4) являється поліноміальною функцією від імовірностей базових подій. Це твердження справедливе і в загальному випадку.

У свою чергу, кожна із базових ймовірностей $P_i = P_i(x)$ являється функцією від вибраних захисних заходів.

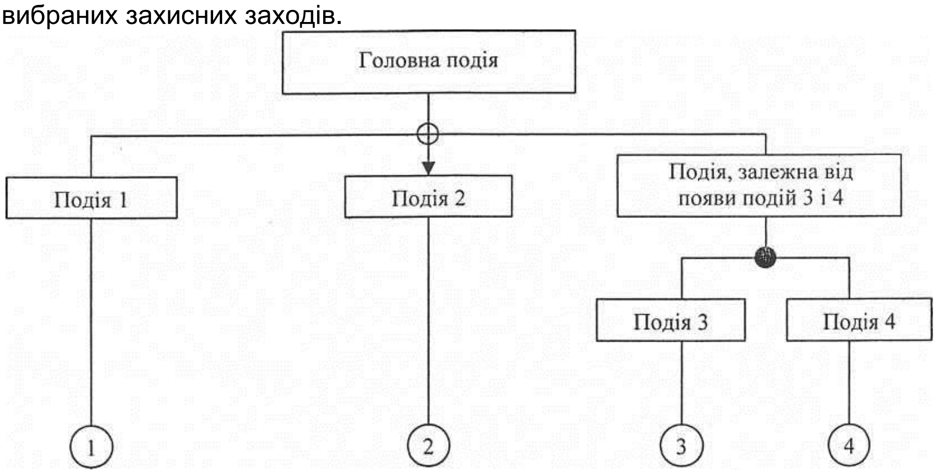

Рис. 1. Дерево подій реалізації надзвичайної ситуації техногенного характеру

Нехай Ω – множина всіх допустимих підмножин заходів для задачі (13) або (16). Тоді любому його елементу ω можна віднести пару ω_1 і ω_2, $\omega \to \left(\omega_1, \omega_2\right)$, де ω_1 – множина індексів заходів, які входять в підмножину ω; ω_2 – множина індексів заходів, які не входять в підмножину ω.

Таким чином:

$$\omega_1 \cup \omega_2 = \left\{1, 2, \ldots, n\right\}.$$

Нехай для кожного допустимого набору заходів означення імовірності буде:

$$P_i\left(\omega\right) = p_{\omega}^{i}, \;\; \omega \in \Omega.. \quad (26)$$

Тоді функцію $P_i(x)$ можна виразити наступним чином:

$$P_i\left(x\right) = \sum_{\omega\in\Omega} p_{\omega}^{i} \times \prod_{j\in\omega_1} x_j \times \prod_{j\in\omega_2} \left(1 - x_j\right). \qquad (27)$$

Таким чином, ми показали, що кожна із функцій ***P_i(x)*** являється поліномом від своїх змінних. Якщо поліноми ***P_i(x)*** підставити в поліном співвідношення (25) то, оскільки суперпозиція поліномів являється поліномом, можна стверджувати, що ***F = F(x)*** являється поліномом від змінних ***x_i,…, x_n.***

Обґрунтування того, що функції ***P(x) і R(x)*** являються поліномами, проводиться аналогічно обґрунтуванню для функції ***P_i(x)***, наведеному вище. Значить, і функціонал задачі і обмеження (13), (15), (18) являються поліноміальними функціями як добуток поліноміальних функцій, тобто їх можна представити у вигляді суми доданків:

$$d_k \times \prod_{j=1}^{n_k} x^{\alpha_{kj}}, \qquad (27)$$

де d_k – константа, α_{kj} – додатні показники степені.

Тепер можна сформульовані вище задачі нелінійного програмування (2) і (5) замінити еквівалентними лінійними задачами з бульовими змінними, використовуючи прийом, описаний у [5]. Змінна x_j являється бульовою $x_j^{\alpha_{kj}} = x_j$ для любого додатного показника α_{kj}.

Рівність $\alpha_{kj} = 0$ означає відсутність змінної x_j у ***k***-тому доданку. Звідси слідує, що ***k*** **-**тий доданок можна записати у вигляді:

$$d_k \times \prod_{j=1}^{n_k} x_j, \qquad (28)$$

Припустимо, що

$$y_k = \prod_{j=1}^{n_k} x_j. \qquad (29)$$

Тоді змінна y_k також є бульовою, а ***k***-тий доданок поліноміальної функції стає лінійною функцією вигляду $d_k \times y_k$.

Для того, щоб гарантувати виконання умов $y_k = 1$, всі $x_k = 1$**,** і $y_k = 0$. В противному випадку, на кожну змінну y_k необхідно накласти наступні обмеження:

$$\sum_{j=1}^{n_k} x_j - \left(n_k - 1\right) \le y_k, \qquad (30)$$

$$\frac{1}{n_k} \times \sum_{j=1}^{n_k} x_j \geq y_k. \qquad (31)$$

Оскільки обмеження (30) і (31) являються лінійними, то даний метод дозволяє звести задачі (13) і (16) до задач цілочисельного лінійного програмування. Це, в свою чергу, дає можливість використовувати методи, розроблені для задач даного типу, а саме метод гілок і границь, (адитивний алгоритм у випадку булевих змінних) [5,6] або метод Р.Гоморі (дробовий алгоритм) [6].

Висновок. Таким чином, запропонований метод вирішення розглядуваних оптимізаційних задач дозволяє розглядати не специфічні, а довільні комплекси захисних заходів, що дозволяє практичне застосування даних моделей, забезпечити оптимальний розподіл ресурсів та досягнути стану системно-цілісного офісного управління організаційною структурою у сфері цивільного захисту при реалізації та взаємодії різноманіття проектів, портфелів проектів та програм.

ЛІТЕРАТУРА

1. Креативные технологии управления проектами и программами: монография [Текст] : монография / [Бушуев С.Д., Бушуева Н.С., Бабаев И.А., Яковенко В.Б. и др.]. – К.: Саммит-Книга, 2010. – 768 с.
2. Рач В.А. Учет изменения фактора уверенности в задачах обеспечения экономической безопасности и управления взаимодействием в проектах развития субъектов хозяйствования / Рач В.А., Россошанская О.В., Медведева Е.М. // Управління проектами та розвиток виробництва: Зб.наук.пр. – Луганськ: вид-во СНУ ім. В.Даля, 2012. – №1(41). – С.115-128.
3. Медведєва О.М. Формалізація цінностей зацікавлених сторін проектів засобами теорії нечітких множин / О.М. Медведєва // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури: зб. наук. праць. – Дніпропетровськ: ПДАБА, 2012. – №9. – С. 25-33.
4. Овсяник А. Методы решения оптимизационных задач защиты объекта от чрезвычайных ситуацій / Овсяник А., Чурбанов О., Косоруков О. // ВИНИТИ. Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – 2002. – №3. – С. 88-92.
5. Таха Х. Введение в исследование операцій / Х. Таха; Пер. с англ. – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2001 – 912 с.
6. Степанюк В.В. Методи математичного програмування / В.В. Степанюк. – К.:“Вища школа”, 1987. – 272 с.
7. Ковалевич О.М. Возможные модели системы компенсации и страхования ядерного ущерба / О.М. Ковалевич // ВИНИТИ. “Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях”. – 2002. – №1.

Рецензент статті
д.т.н., проф. Рач В.А.

Стаття надійшла до редакції
10.03.2013 р.