

Висновки. Запропонована система вибору ІТ-проектів може застосовуватись на підприємствах різних галузей економіки при створенні єдиного інформаційного простору високотехнологічного виробництва, що складається з різних інформаційних технологій та систем. Модель оцінювання пріоритетності ІТ-проектів можна застосовувати як окремий інструмент при визначенні черговості автоматизації підприємства.

Література

1. Системный анализ: принятие решений : словарь-справочник / под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова. – М. : Изд-во "Высш. шк.", 2004. – 616 с.
2. Павленко П.М. Автоматизовані системи технологічної підготовки розширених виробництв. Методи побудови і управління : монографія / П.М. Павленко. – К. : Книжкове вид-во НАУ, 2005. – 280 с.
3. Ковальчук К.Ф. Оцінка ефективності інформаційно-інтелектуальних технологій : монографія / К.Ф. Ковальчук, Л.М. Бандоріна, Л.М. Савчук. – Дніпропетровськ : Изд-во "ІМА-прес", 2007. – 132 с.
4. Месарович М. Общая теория систем: математические основы / М. Месарович, Я. Такаха : пер. с англ. – М. : Изд-во "Мир", 1978. – 312 с.

Длугунович Н.А., Фортун Ю.В. Формализация системы выбора ИТ-проектов при создании информационного пространства высокотехнологических производств

Произведена формализация и структуризация системы выбора ИТ-проектов для создания информационного пространства высокотехнологических производств. Определены составляющие системы выбора ИТ-проектов. Приведен алгоритм процесса принятия решения с помощью этой системы. Разработана модель оценки приоритетности ИТ-проектов и проиллюстрирован порядок реализации данной модели для принятия решения об очередности ИТ-проектов на предприятии.

Ключевые слова: ИТ-проекты, информационное пространство, высокотехнологическое производство, информационные системы.

Dlugunovich N.A., Fortun Yu.V. The formalization of IT-projects choice system for information space hi-tech manufacturing

Produced formalization and structuring the IT-projects choice system for the creation of information space of high-tech manufacturing. Identified components of IT-projects choice system. The algorithm of the decision making process through the system was described. The model estimates prioritize IT-projects was created and illustrates how to implement this model for a decision on priority of IT-projects across the enterprise.

Keywords: IT-projects, information space, high-tech manufacturing, information systems.

УДК [004.451]:621.7.01

Ст. викл. О.О. Смотр; проф. Ю.І. Грицюк,
д-р техн. наук – Львівський ДУ БЖД

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПРИЙНЯТТЯ ПРОЕКТНОГО РІШЕННЯ ПРИ ГАСІННІ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ

Розглядаються питання формалізації процесу прийняття проектного рішення при гасінні лісових пожеж, які нищать не тільки кошову деревину, але й згубно впливають на відновлення лісових ресурсів, представляє серйозну небезпеку для людей і сільськогосподарських тварин. Встановлено, що через складність процесів гасіння лісових пожеж, через труднощі організації самого процесу пожежогасіння, через неможливість виразити кількісно деякі чинники зовнішнього і внутрішнього се-

редовища та інші непередбачені обставини використання методології системного аналізу не завжди дає змогу повністю формалізувати (побудувати модель) процес прийняття проектного рішення при гасінні лісових пожеж. Математична ж його формалізація можлива, як правило, тільки для окремих її підсистем чи блоків, або реалізації окремих завдань.

Ключові слова: лісова пожежа, моделювання лісових пожеж, управління процесом гасіння лісової пожежі, системний аналіз, прийняття управлінських рішень, формалізація процесу управління, критерії управління.

Вступ. З кожним роком ліси на території України піддаються усе частіше інтенсивному впливу природних і антропогенних дій [3], що часто призводить до різних негативних наслідків. Один з таких наслідків – лісові пожежі [9], тобто стихійне, некероване поширення вогню лісовими масивами. Як правило, виникнення лісових пожеж безпосередньо пов'язане з порушенням людьми правил пожежної безпеки. Значна кількість досліджень свідчить про те [8, 13], що частка пожеж, викликаних природними джерелами запалення (наприклад, блискавкою), становить тільки 3 % від їх загальної кількості [7]. Розміри пожеж часто можна спостерігати навіть з космосу.

Захист лісів від пожеж – одна з найважливіших складових пожежної безпеки країни, належить до основних завдань пожежогасіння структурних підрозділів МНС України [4]. Лісові пожежі нищать не тільки кошову деревину, але й згубно впливають на відновлення лісових ресурсів [10]. Внаслідок виникнення пожеж знижуються захисні, водозахисні та інші корисні властивості лісу, знищується флора і фауна, завдаються збитки прилеглим будівлям і навіть стратегічним спорудам, а в окремих випадках страждають і цілі населені пункти. Окрім цього, лісова пожежа представляє серйозну небезпеку для людей і сільськогосподарських тварин.

Часто для вирішення проблем управління складними організаційними системами, в т.ч. управління процесом гасіння лісових пожеж, застосовують методологію системного аналізу [2, 12], за допомогою якої вдається вдосконалити не тільки процес прийняття управлінських рішень, але й змоделювати його структуру та покращити якість [14]. Основна мета моделювання процесу гасіння лісової пожежі – отримати оптимальний варіант дій за умови мінімального використання допустимих ресурсів – якщо модель оптимізаційна. Якщо ж оптимізація задачі неможлива, то потрібно відшукати набір допустимих варіантів реалізації прийнятих рішень з їхніми кількісними та якісними оцінками [5, 6].

Характер моделі пожежогасіння для досягнення поставленої мети зазвичай залежить від еколого-економічної важливості процесу гасіння лісової пожежі [15, 16], точності визначення вхідних даних, наявності часу на розроблення самої моделі. Через складність процесів гасіння лісових пожеж [5], через труднощі організації самого процесу пожежогасіння [4], через неможливість виразити кількісно деякі чинники зовнішнього і внутрішнього середовища [8] та інші непередбачені обставини використання методології системного аналізу не завжди дає змогу повністю формалізувати (побудувати модель) процес прийняття проектного рішення при гасінні лісових пожеж. Математична ж його формалізація можлива, як правило, тільки для окремих її підсистем чи блоків, або реалізації окремих завдань [1].

Формалізація процесу прийняття проектного рішення

Моделювання будь-якої складної організаційної системи [7], в тому числі і процесу гасіння лісової пожежі [5, 10], неможливе без попередньої її формалізації. По суті, формалізація – це перший і дуже важливий етап процесу моделювання, це процес виділення та переведення внутрішньої структури об'єкта управління в певну інформаційну структуру – стан середовища, критерії ефективності, методи вибору чи оптимізації.

Введемо такі позначення вхідних даних для формалізації моделі задачі про прийняття проектних рішень [18, ст. 39]:

- $\tilde{X} = \{x_i, i = \overline{1, m}\}$ – множина альтернатив (проектних рішень);
- $\tilde{Y} = \{y_j, j = \overline{1, n}\}$ – множина очікуваних результатів;
- $f_k : \tilde{Y} \rightarrow R, k = \overline{1, K}$ – множина показників якості (критеріїв) очікуваного результату (тут R – множина дійсних чисел);
- $\varphi : \tilde{X} \rightarrow \tilde{Y}$ – детермінована функція, яка перетворює множину допустимих альтернатив у множину очікуваних результатів.

Розглядаючи задачу прийняття рішень в умовах визначеності [11; 18, ст. 39], коли кожному проектному рішенню $x \in \tilde{X}$ відповідає єдиний очікуваний результат $y \in \tilde{Y}$, байдуже, на якій множині $\tilde{X}$ або $\tilde{Y}$ задавати бінарне відношення надання переваги B [18, ст. 27]. Зазвичай, таке відношення задається на множині рішень $\tilde{X}$. При цьому насправді неявно задається і відповідне відношення на множині очікуваних результатів $\tilde{Y}$. Дійсно, нехай існує однозначна залежність $y = \varphi(x)$, яка дає змогу за прийнятим рішенням x визначити єдиний очікуваний результат y . Альтернативи x' і x'' , по суті, порівнюються між собою за деякими значеннями оцінок відповідних очікуваних результатів y' і y'' . Інакше кажучи, маємо $x' > x'' \leftrightarrow y' > y''$, тобто, якщо альтернативі x' надається більша перевага від x'' , то й очікуваному результату y' надаватиметься більша перевага, ніж y'' .

Таким чином, загальну модель прийняття рішення $\langle \tilde{A}, B_{\tilde{X}} \rangle$ можна подати у такому формалізованому вигляді: $\langle \tilde{X}, B_{\tilde{X}} \rangle$ або $\langle \tilde{Y}, B_{\tilde{Y}} \rangle$, де $\tilde{A} = \{\tilde{a}_i, i = \overline{1, m}\}$ – множина допустимих альтернатив; B – бінарне відношення надання переваги. Сутність задачі прийняття проектного рішення від цього не міняється. У такому випадку вважають [18, ст. 28], що відображення $\varphi : \tilde{X} \rightarrow \tilde{Y} \in \text{гомоморфізм}$ моделі $\langle \tilde{X}, B_{\tilde{X}} \rangle$ в модель $\langle \tilde{Y}, B_{\tilde{Y}} \rangle$, тобто для всяких альтернатив $x', x'' \in \tilde{X}$ з бінарного відношення $x' B_{\tilde{X}} x''$ виходить таке відношення $y' B_{\tilde{Y}} y''$ чи $\varphi(x') B_{\tilde{Y}} \varphi(x'')$.

При прийнятті рішень за наявності умов невизначеності [17; 18, ст. 60] ситуація значно ускладнюється. Тепер вже ніхто не може гарантувати настання певного очікуваного результату y при виборі рішення x . Тому вважається [18, ст. 27], що система надання переваг пов'язана з деякою оцінкою "корисностей" очікуваного результату y . Вибір проектного рішення x здійснюється з єдиною метою – отримати "хороший" очікуваний результат y , що належить так званому ядру – множині максимальних елементів з множини очікуваних

результатів $\tilde{Y}$ за заданим бінарним відношенням $B_{\tilde{Y}}$. В цьому випадку загальна модель прийняття рішення $\langle \tilde{A}, B \rangle$ має такий формалізований вигляд $\langle \tilde{Y}, B_{\tilde{Y}} \rangle$. Зокрема, бінарне відношення $B_{\tilde{Y}}$ можна задати за допомогою однокритеріальної [18, ст. 31] або багатокритеріальної [18, ст. 40] системи оцінок очікуваних результатів, тобто критеріальною мовою опису процесу вибору, або будь-яким іншим способом.

Якщо йдеться про прийняття проектних рішень в умовах ризику [13; 16; 18, ст. 65], то зазвичай припускають, що кожний допустимий альтернативі $x_i \in \tilde{X}$ відповідає свій розподіл ймовірності настання відповідних подій $\tilde{P} = \{p_i = f_i(x_i), i = \overline{1, m}\}$ на множині очікуваних результатів $\tilde{Y}$. Якщо множина альтернатив $\tilde{X}$ і множина результатів $\tilde{Y}$ скінченні, то вважається відомою ймовірність появи всіх результатів, які можна очікувати при виборі даної альтернативи.

Типову постановку задачі про прийняття проектного рішення в умовах ризику [18, ст. 35] пояснимо за допомогою конкретного прикладу.

Приклад 1. (задача про залучення резервних сил і засобів). На завершальному етапі процесу гасіння лісової пожежі, коли відбулася локалізація фронту вогню і пожежно-рятувальних підрозділів (ПРП) вже мають наміри приступати до її ліквідації, через різкі пориви вітру та інші сприятливі умови в деяких місцях прилеглого лісу появилися нові джерела вогню різної інтенсивності. Не відомо, чи ці спалахи вогню призведуть до повторного виникнення лісової пожежі, чи вони мають локальний характер, тобто через незначний проміжок часу затухнуть самостійно (цей випадок не розглядатимемо, позаяк вважається, що будь-яку пожежу потрібно ліквідувати якомога швидше, поки вона не розгорілася). Керівник гасіння ЛП має прийняти рішення про ліквідацію цих поодиноких джерел вогню наявним особовим складом ПРП, запаси сил і засобів яких на виході (враховуючи ще й дещо подавлений моральний дух через їх появу), чи залучити для цього свіжі резерви ПРП, які, зазвичай, з бійцівським зав'язанням швидко усувають проблему, яка виникла.

Статистика, яка є у керівника гасіння ЛП, показує, що у попередніх ситуаціях за аналогічних умов пожежогасіння залучення резервних сил і засобів у половині випадків привела до швидкого усунення проблеми, в 1/3 випадків – до використання ще й наявних ПРП, а в 1/6 випадків – до поновлення пожежі. Якщо ж резервні сили і засоби початково не залучалися, то в 3/8 випадків поодинокі джерела вогню було подавлено наявними ПРП, у половині випадків виникла потреба в залученні додаткових резервів, а в 1/8 випадків пожежа виникала знову.

У сформульованій задачі є дві альтернативи: x_1 – залучення резервних сил і засобів, x_2 – не залучення резервів. У будь-якому випадку можливі три очікуваних результати: усунення проблеми (У), використання наявних ПРП з залученням резервів або використання резервів з залученням наявних ПРП (Н) і повторного виникнення пожежі (П). Приймаючи за розподіл ймовірності появи кожного результату частоту його появи в попередніх ситуаціях виникнення проблеми, отримаємо деякий результат розв'язання задачі, який буде наведено дещо пізніше.

Сформульована задача прийняття проектного рішення в умовах ризику і наведений приклад не дають змоги поки що зрозуміти, де ж тут стан середовища? Який характер має функція реалізації $F(x, z)$ і чи можлива взагалі її побудова? Виявляється [18, ст. 36; 19], що подання задачі прийняття проек-

тного рішення за допомогою функцій реалізації $F(x, z)$ є достатньо загальною і дає змогу описувати різні ситуації невизначеності, у тому числі й розглянути вище задачу про залучення резервних сил і засобів.

Задавання функції реалізації $F(x, z)$ означає, що при відомому значенні параметра невизначеності z (стану середовища) ми за кожним значенням прийнятого рішення x можна однозначно визначити очікуваний результат y . Таким чином, знаючи стан середовища z , ми можемо точно взяти, що буде, якщо виберемо альтернативу x_1 , і який отримаємо результат при виборі дещо іншої альтернативи x_2 . Введемо такі дев'ять штучних "станів середовища":

- $z_1: x_1 \rightarrow B, x_2 \rightarrow B, p(z_1) = 1/2 \times 3/8 = 3/16;$
- $z_2: x_1 \rightarrow B, x_2 \rightarrow H, p(z_2) = 1/2 \times 1/2 = 1/4;$
- $z_3: x_1 \rightarrow B, x_2 \rightarrow P, p(z_3) = 1/2 \times 1/8 = 1/16;$
- $z_4: x_1 \rightarrow H, x_2 \rightarrow B, p(z_4) = 1/3 \times 3/8 = 1/8;$
- $z_5: x_1 \rightarrow H, x_2 \rightarrow H, p(z_5) = 1/3 \times 1/2 = 1/6;$
- $z_6: x_1 \rightarrow H, x_2 \rightarrow P, p(z_6) = 1/3 \times 1/8 = 1/24;$
- $z_7: x_1 \rightarrow P, x_2 \rightarrow B, p(z_7) = 1/6 \times 3/8 = 1/16;$
- $z_8: x_1 \rightarrow P, x_2 \rightarrow H, p(z_8) = 1/6 \times 1/2 = 1/12;$
- $z_9: x_1 \rightarrow P, x_2 \rightarrow P, p(z_9) = 1/6 \times 1/8 = 1/48.$

У крайньому правому стовпці вказана ймовірність настання відповідних подій. Тепер функцію реалізації $F(x, z)$ можна задати у вигляді табл. 1. Біля кожного штучного "стану середовища" вказана ймовірність його появи.

Табл. 1. Матриця допустимих рішень з штучними станами середовища

Альтернативи, $\tilde{X}$	Стани середовища, $\tilde{Z}$								
	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	z_7	z_8	z_9
	Ймовірність появи штучних "станів середовища"								
	3/16	1/4	1/16	1/8	1/6	1/24	1/16	1/12	1/48
x_1	B	B	B	H	H	H	P	P	P
x_2	B	H	P	B	H	P	B	H	P

Розглянемо тепер задачу прийняття рішення в більш загальному випадку, коли є m допустимих альтернатив $\tilde{X} = \{x_i, i = \overline{1, m}\}$ і n очікуваних результатів $\tilde{Y} = \{y_j, j = \overline{1, n}\}$. За штучні "стани середовища" візьмемо множину можливих (згідно з графом) зв'язків допустимих альтернатив і очікуваних результатів відображень, а саме

$$\tilde{Z} = \{z_j: \tilde{X} \rightarrow \tilde{Y}, j = \overline{1, S}\}.$$

У разі скінченних множин $\tilde{X}$ і $\tilde{Y}$ будемо мати

$$S = \prod_{j=1}^n s_j,$$

де s_j – кількість стрілок, що витікають з i -ї альтернативи x_i , на графі зв'язків альтернатив і очікуваних результатів (у нашому прикладі $s_1 = 3, s_2 = 3, S = 9$). Таким чином, j -ий "стан середовища" z_j відповідає такому підграфові графа зв'язків альтернатив і очікуваних результатів (називатимемо його *підграфом стану*), в якому з i -ї альтернативи x_i виходить тільки одна стрілка, яка вка-

зує на те, який результат буде реалізовано при її виборі (S – максимально можлива кількість таких підграфів). Отже, вибір j -го "стану середовища" z_j та i -ї альтернативи x_i повністю визначає очікуваний результат – позначимо його через $y_j(x_i)$. Далі, j -му стану середовища z_j відповідає ймовірність його настання (ймовірність реалізації відповідного підграфа стану):

$$P(z_j) = \prod_{i=1}^m p_i(y_j(x_i)), j = \overline{1, S},$$

де: $p_i(y_j(x_i))$ – задана i -та ймовірність настання j -го очікуваного результату y_j при виборі i -ї альтернативи x_i . Таким чином, для обчислення $P(z_j)$ достатньо перемножити числа, що знаходяться біля стрілок, які становлять підграф стану середовища z_j . Тепер вже можна побудувати таблицю, що представляє функцію реалізації $F(x, z)$.

Отже, нехай задана функція реалізації $y = F(x, z)$, де множини $x \in \tilde{X}$, $y \in \tilde{Y}$, $z \in \tilde{Z}$ вже не припускаємо скінченними. В умовах повної визначеності, як було видно вище, заданий однозначний зв'язок $y = \phi(x)$, який, очевидно, і є відповідною функцією реалізації (позаяк "стан середовища" z заданий і фіксований). Основна задача прийняття рішення полягає в пошуку ядра бінарного відношення $B_{\tilde{Y}}$ у множини очікуваних результатів $\tilde{Y}$.

Вважатимемо, що задана функція $f: \tilde{Y} \rightarrow R$, яка відображає множину очікуваних результатів $\tilde{Y}$ на множину дійсних чисел R . Бінарне відношення $B_{\tilde{Y}}$ задається умовою

$$(y', y'') \in B_{\tilde{Y}}^f \Leftrightarrow f(y') > f(y'').$$

Тоді існує функціонал $J: \tilde{X} \times \tilde{Y} \rightarrow R$ і задача прийняття рішення еквівалентна задачі оптимізації

$$J(x, z) \rightarrow \max_{x \in \tilde{X}}. \quad (1)$$

В цьому випадку у функціонала $J()$ з'явився новий аргумент z , оскільки замість $y = \phi(x)$ маємо в умовах ризику як функцію реалізації залежність $y = F(x, z)$. Таким чином, ми використовували тут критеріальну мову для задавання бінарного відношення $B_{\tilde{Y}}$ надання переваги на множині очікуваних результатів $\tilde{Y}$. Більше цього, очікувані результати y оцінюються в цьому випадку за однокритеріальною схемою, оскільки задана одна функція $f(y)$ (цільова функція), що характеризує "корисність" очікуваних результатів.

Отже, кажучи про задачу прийняття рішення, сформульовану у вигляді (1), ми маємо на увазі вибір рішення (альтернативи) x в умовах, коли цільова функція задана, але задана не зовсім точно – вона містить невизначений параметр z . Розв'язуючи задачу (1), ми можемо визначити x тільки як деяку функцію від параметра z : $x = x(z)$. Якщо ніякою інформацією про параметр невизначеності z ми не володіємо, то і результат максимізації функціонала $J()$ довільний. За наявності статистичної невизначеності ми припускаємо, що параметр z – випадкова величина, закон розподілу якої відомий. Методологічно важливо розрізняти дві основні ситуації:

- 1) очікуваний результат $y \in \tilde{Y}$, який відповідає прийнятому рішення x , реалізується багатократно;
- 2) очікуваний результат y реалізується однократно.

Наприклад [14], вибір конструктивних параметрів x виробу, який випускається серійно, дає приклад багатократної реалізації результату одного і того ж вибору. Навпаки, вибір оптимальних параметрів унікального виробу – приклад другої ситуації.

Звернемося до методів прийняття рішень за наявності багатократно реалізованого результату. У цих випадках задачу оптимізації (1) доцільно замінити деякою ймовірнісною задачею. Тут розумним видається вибір такої альтернативи x , яка дає змогу максимізувати значення математичне сподівання критерію, тобто є результатом розв'язання такої ймовірнісної задачі оптимізації

$$J_1(x) = \overline{J(x, z)} \rightarrow \max_{x \in \tilde{X}}, \quad (2)$$

де ризик зверху означає математичне сподівання випадкової величини $J(x, z)$ – значення функціонала. Правило вибору оптимальної альтернативи x на підставі розв'язання задачі ймовірнісної оптимізації (2) називається *критерієм математичного сподівання очікуваного результату* (або *критерієм Байєса-Лапласа*). Якщо припустити, що функціонал $J()$ характеризує "корисність" або "дохід", отриманий від прийнятого рішення x і результату реалізації y , то математичне сподівання можна розглядати як "середній дохід", і, розв'язуючи задачу (2), ми фактично максимізували "середній дохід".

Приклад 2 (продовження прикладу про залучення резерву). Чисельно оцінюватимемо результати гасіння поодиноких джерел вогню за нанесеними збитками: В – 5 тис. грн., Н – 15 тис. грн., П – 30 тис. грн. Тому оптимізація функціонала (2) відбуватиметься не на максимум, а на мінімум його значення. Тоді таблиця, що задає функціонал $J(x, z)$, виходить безпосередньо з табл. 1 і має вигляд табл. 2.

Табл. 2. Матриця витрат для задачі про залучення резерву

Альтернативи, $\tilde{X}$	Стани середовища, $\tilde{Z}$								
	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	z_7	z_8	z_9
	Ймовірність появи штучних "станів середовища"								
	3/16	1/4	1/16	1/8	1/6	1/24	1/16	1/12	1/48
x_1	5	5	5	15	15	15	30	30	30
x_2	5	15	30	5	15	30	5	15	30

У табл. 2 функціонал $J(x_1, z_{11}) = 5$ і т.д. Маємо тепер:

$$\overline{J(x_1, z)} = 5 \cdot \frac{3}{16} + 5 \cdot \frac{1}{4} + 5 \cdot \frac{1}{16} + 15 \cdot \frac{1}{8} + 15 \cdot \frac{1}{6} + 15 \cdot \frac{1}{24} + 30 \cdot \frac{1}{16} + 30 \cdot \frac{1}{12} + 30 \cdot \frac{1}{48} = \frac{25}{2} = 12 \frac{1}{2};$$

$$\overline{J(x_2, z)} = 5 \cdot \frac{3}{16} + 15 \cdot \frac{1}{4} + 30 \cdot \frac{1}{16} + 5 \cdot \frac{1}{8} + 15 \cdot \frac{1}{6} + 30 \cdot \frac{1}{24} + 5 \cdot \frac{1}{16} + 15 \cdot \frac{1}{12} + 30 \cdot \frac{1}{48} = \frac{105}{8} = 13 \frac{1}{8}.$$

Оскільки $J(x_1, z) < J(x_2, z)$, тому, керуючись критерієм мінімуму нанесених збитків, приймаємо рішення, що в подібних ситуаціях доцільно залучати резервні ПРП. "В середньому" така стратегія приведе до успіху, хоча в кожному конкретному випадку, зазвичай, може реалізуватися будь-який можливий результат.

Зауваження. Вказаний в останньому прикладі критерій (мінімум нанесених збитків) може бути неадекватним меті особи, що приймає рішення (у нашому випадку керівнику гасіння ЛП). Легко уявити собі ситуацію, коли повне усунення проблеми з залученими чи наявними ПРП оцінюють числом t , що показує, в скільки разів такий результат є важливішим за використання двох підрозділів (при цьому може бути, що $t > 5$). Наприклад, можна визначити, при якому значенні t вигідно віддати перевагу альтернативі x_1 (залучати резервні ПРП). (Відповідь: $t \geq 5,35$.)

Заміна задачі прийняття рішення $J(x, z) \rightarrow \max$ на задачу $J_1 = M(J(x, z)) \rightarrow \max$, де $M(\dots)$ – знак математичного сподівання, – не єдиний спосіб переходу до статистичної постановки. Можна поступити й інакше. Наприклад, певне значення може мати дисперсія критеріальної функції $J()$. Тому, можливо, має сенс іноді небагато поступитися значенням математичного сподівання для зменшення можливого розкиду очікуваних результатів, тобто зменшити значення дисперсії:

$$J_2(x) = \overline{J(x, z)} - h \cdot \overline{[J(x, z) - \overline{J(x, z)}]^2} \rightarrow \max_{x \in \tilde{X}}, \quad (3)$$

де: $\overline{[J(x, z) - \overline{J(x, z)}]^2}$ – дисперсія випадкової величини функції $J(x, z)$; h – задана постійна величина. Цю постійну доцільно інтерпретувати як *ступінь неохильності до ризику*. Дійсно, значення h визначає "ступінь важливості" дисперсії за відношенням до математичного сподівання випадкової величини критеріальної функції $J()$. Збільшення значення h приводить, за замовчуванням, до зменшення "середнього доходу" функції $\overline{J(x, z)}$, але зате зменшується і ймовірність відхилення від "середнього доходу" (зокрема у бік його зменшення). Таким чином, чим більше значення h , тим менше схильна до ризику особа, яка приймає рішення. Критерій (3) зазвичай називається *критерієм очікуваного значення-дисперсії*.

Труднощі розв'язання задач (2) і (3) пов'язані з високою трудомісткістю процедури обчислення математичного сподівання. Ми повинні спочатку задати значення компонент вектора $\tilde{X}$ і тільки потім провести усереднювання – операцію, пов'язану з обчисленням багатовимірних інтегралів, яка вимагає значних витрат машинного часу. Інакше кажучи, на відміну від детермінованої постановки задачі оптимізації [12, 19], функціонали $J_1()$, $J_2()$ не задані в явному вигляді як критеріальної функції від x . Все це часто примушує замінювати ці задачі на інші. Якщо розв'язок задачі $J(x, z) \rightarrow \max_{x \in \tilde{X}}$ при фіксованому значенні випадкового параметра z знаходиться порівняно просто, то замість критерію математичного сподівання очікуваного результату застосовується такий критерій:

$$J_3(x) = J(x, \bar{z}) \rightarrow \max_{x \in \tilde{X}}, \quad (4)$$

де: $\bar{z}$ – математичне сподівання випадкової величини z . Тут важливо розуміти, що задача максимізації критеріальної функції $J_3()$ зовсім не еквівалентна такій самій задачі для $J_1()$ з (2). Перехід від функціонала $J_1()$ до $J_3()$ має неформальний характер і вимагає кожного разу додаткового обґрунтування та пояснення.

Таким чином, у разі багатократної реалізації результату прийнятого рішення проблема вибору проектного рішення мало чим відрізняється від ситуацій, в яких випадкові чинники відсутні. Додаткові складнощі тут мають чисто обчислювальний характер і пов'язані з потребою виконання операцій усереднювання.

Висновки:

1. Встановлено, що через складність процесів гасіння лісових пожеж, через труднощі організації самого процесу пожежогасіння, через неможливість виразити кількісно деякі чинники зовнішнього і внутрішнього середовища та інші непередбачені обставини використання методології системного аналізу не завжди дає змогу повністю формалізувати (побудувати модель) процес прийняття проектного рішення при гасінні лісових пожеж. Математична ж його формалізація можлива, як правило, тільки для окремих її підсистем чи блоків, або реалізації окремих завдань.

2. Розглядаючи задачу прийняття проектних рішень в умовах ризику, зазвичай припускають, що кожній допустимій альтернативі відповідає свій розподіл ймовірності настання відповідних подій на множині очікуваних результатів. Якщо множина альтернатив і множина результатів скінченні, то вважається відомою ймовірність появи всіх результатів, які можна очікувати при виборі даної альтернативи.

3. При виборі методів прийняття рішень в умовах ризику за наявності багатократно реалізованого результату задачу звичайної оптимізації заміняють на задачу ймовірнісної оптимізації, у якій необхідно вибрати таку альтернативу, яка дає змогу максимізувати значення математичне сподівання критерію. Правило вибору оптимальної альтернативи на підставі розв'язання задачі ймовірнісної оптимізації називається *критерієм математичного сподівання очікуваного результату* (або *критерієм Байєса-Лапласа*).

Смолт О.А., Грыцук Ю.И. Формализация процесса принятия проектного решения при тушении лесных пожаров

Рассматриваются вопросы формализации процесса принятия проектного решения при тушении лесных пожаров, которые уничтожают не только ценную древесину, но и пагубно влияют на возобновление лесных ресурсов, представляют серьезную опасность для людей и сельскохозяйственных животных. Установлено, что из-за сложности процессов тушения лесных пожаров, ввиду трудности организации самого процесса пожаротушения, через невозможность выразить количественно некоторые факторы внешней и внутренней среды и другие непредвиденные обстоятельства использования методологии системного анализа не всегда дает возможность полностью формализовать (построить модель) процесс принятия проектного решения при тушении лесных пожаров. Математическая же его формализация возможна, как правило, только для отдельной ее подсистемы или блоков, или реализации отдельных заданий.

Ключевые слова: лесной пожар, моделирование лесных пожаров, управления процессом тушения лесного пожара, системный анализ, принятие управленческих решений, формализация процесса управления, критерии управления.

Смолт О.О., Грыцук Ю.И. Acceptance of project decision process formalization at forest fires extinguishing

The questions of formalization of process of acceptance of project decision are examined at extinguishing of forest fires that destroy not only a finewood but also perniciously influence on proceeding in forest resources, present a serious danger for people and agri-

cultural zoons. Showed that complication of processes of extinguishing of forest fires, because of difficulty of organization of process пожаротушение, through impossibility to express in number some factors of external and internal environment and other contingencies of the use of methodology of analysis of the systems not always enables fully to formalize (to build a model) process of acceptance of project decision at extinguishing of forest fires. His mathematical formalization is possible, as a rule, only for its separate subsystem or blocks, or realization of separate tasks.

Keywords: forest fire, modeling of forest fires, process of extinguishing of forest fire control, analysis of the systems, acceptance of administrative decisions, formalization of management process, management criteria.

Література

1. Главацкий Г.Д. Информационная модель и задачи оптимизации процесса борьбы с лесными пожарами / Г.Д. Главацкий, В.М. Груманс // Лесное хозяйство. – 2002. – № 1. – С. 36-41.
2. Гольштейн Е.Г. Деловая система анализа многокритериальных задач / Е.Г. Гольштейн, Э.П. Борисова, М.С. Дубасон // Экономика и математические методы. – М.: Изд-во "Наука". – 1990. – Т. 26, вып. 4. – С. 48-52.
3. Гражданская защита. Понятийно-терминологический словарь / под общ. ред. Ю.Л. Воробьева. – М.: Изд-во "Флайст", 2001. – 240 с.
4. Грицюк Ю.И. Структурні компоненти задачі оптимального управління процесом боротьби з лісовими пожежами / Ю.И. Грицюк, І.О. Малець, Т.С. Рак // Наукові праці Лісівничої академії наук України : зб. наук. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2010. – Вип. 8. – С. 171-174. [Електронний ресурс]. – Доступний з http://www.nbu.gov.ua/portal/Chem_Biol/Nplanu/2010_8/171_Gry.pdf
5. Гришин А.М. Математическое моделирование лесных пожаров и новые способы борьбы с ними / А.М. Гришин. – Новосибирск : Изд-во "Наука". Сиб. отд., 1992. – 408 с.
6. Гришин А.М. Математическое моделирование процесса распространения верховых лесных пожаров / А.М. Гришин, А.Д. Грузин, В.Г. Зверев // Физика горения и взрыва. – 1983. – Т. 269, №4. – С. 822-826.
7. Гришин А.М. Моделирование и прогноз катастроф / А.М. Гришин. – Томск : Изд-во ТГУ, 2003. – Ч.1. – 524 с.
8. Гришин А.М. Сравнительный анализ простых моделей сушки слоя ЛГМ, включая данные экспериментов и натурных наблюдений / А.М. Гришин, Н.В. Барановский // Инженерно-физический журнал. – 2003. – Т. 76, № 5. – С. 166-169.
9. Гришин А.М. Физика лесных пожаров / А.М. Гришин. – Томск : Изд-во ТГУ, 1994. – 218 с.
10. Доррер Г.А. Математические модели динамики лесных пожаров / Г.А. Доррер. – М.: Изд-во "Лесн. пром-сть", 1979. – 161 с.
11. Зайцев М.Г. Методы оптимизации управления и принятия решений. Примеры, задачи, кейсы / М.Г. Зайцев, С.Е. Варюхин. – Изд. 2-е, [испр.]. – М.: Изд-во "Дело", АНХ, 2008. – 664 с.
12. Казанская О.В. Методы оптимизации и теория принятия решений : учебн. пособ. / О.В. Казанская, О.К. Альсова, С.Г. Юн. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2007. – 204 с.
13. Качалов Р.М. Управление хозяйственным риском / Р.М. Качалов. – М.: Изд-во "Наука", 2002. – 192 с.
14. Таха Хемди А. Введение в исследование операций : пер. с англ. / Хемди А. Таха. – М.: Изд. дом "Вильямс", 2005. – 912 с.
15. Ходаков В.Е. Моделирование распространения лесных пожаров / В.Е. Ходаков, М.В. Граб // Вестник Херсонского государственного технического университета. – 2003. – № 2(18). – С. 33-41.
16. Чернова Г.В. Управление рисками / А.А. Кудрявцев, Г.В. Чернова. – М.: ТК "Велби", "Проспект", 2005. – 160 с.
17. Черноуцкий И.Г. Методы оптимизации и принятия решений : учебн. пособ. / И.Г. Черноуцкий. – СПб.: Изд-во "Лань", 2001. – 381 с.
18. Черноуцкий И.Г. Методы принятия решений : учебник / И.Г. Черноуцкий. – СПб.: Изд-во "БХВ-Петербург", 2005. – 416 с.
19. Штойер Р.М. Многокритериальная оптимизация: теория, вычисления и приложения : пер. с англ. – М.: Изд-во "Радио и связь", 1992. – 504 с.