

завдання, як організація комплексу заходів і засобів навчання з питань безпеки, пропаганда правил охорони праці на основі використання нових, передових і ефективних інформаційних технологій, масове залучення працюючих в систему контролю і взаємного контролю.

Служби охорони праці, посадові особи, роботодавці повинні володіти основами психології, використовувати в практичній діяльності психологічні методи і пропагувати їх серед організаторів робіт та управлінського персоналу. Вони повинні володіти методами аналізу, оцінки і прогнозування ризику в конкретних виробництвах, методами діагностики причин нещасних випадків з використанням психологічних аспектів, будувати роботу з профілактики травматизму на основі теорії безпеки, яка базується на концепції управління ризиком.

Слід пам'ятати, що ні фінансові вклади в охорону праці, ні зовнішній контроль за її станом на підприємствах, приписи і штрафи посадових осіб Держнаглядохоронпраці, атестація робочих місць не дадуть очікуваних результатів доти, поки сам роботодавець не усвідомить, що охорона праці – невід'ємна частина виробництва і що йому вигідніше працювати без виробничих інцидентів, які ведуть до травматизму та втрат робочого часу.

1. *Миначев Ф. А., Иоффе В. М.* Применение метода множественной ранговой корреляции в анализе производственного травматизма // Тр. ин-та охр. труда ВЦСПС. – М.: Профиздат. – 1976. – Вып. 102. – С. 25.

2. *Ткачук С. П., Десяренко Г. Е., Иванчук Д. Ф.* Метод комплексной ранговой корреляции в исследовании причин производственного травматизма // Разработка рудных месторождений. – Кривой Рог: Криворожский технический университет. – 2000. – Вып. 71. – С. 37.

УДК 331.45

## **ЗАСТОСУВАННЯ ДИНАМІЧНОГО ПРОГРАМУВАННЯ ДЛЯ ПЛАНУВАННЯ ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВІ**

***О. Є. Кружилко, канд. техн. наук, В. В. Майстренко, О. А. Кириченко, інженери (ННДІОП), О. І. Полукаров, канд. техн. наук (НТУУ "КПІ")***

*Представлена методика применения динамического программирования планирования мероприятий по охране труда на предприятии. Изложен алгоритм ее применения.*

Важливою властивістю оптимальних рішень, які отримують на основі статичних математичних моделей, є їх стійкість у часі. Але в багатьох задачах прийняття рішень у сфері охорони праці основні параметри і обмеження, такі як сировинні і людські ресурси, змінюються у часі, що визначає їх динамічний

характер. Дійсно, збільшення тривалості планового періоду може істотно вплинути на правильність поточного вибору.

Потрібно відмітити, що динамічна задача не зводиться повністю до задачі оптимізації для послідовних періодів часу, що розглядаються ізольовано один від одного. Так, наприклад, вирішуючи задачу раціонального вибору плану заходів по підвищенню безпеки устаткування, керівник підприємства може допустити деяке зниження вимог до устаткування, яке в певні періоди часу буде мало використовуватись. При цьому очевидно, що в такій оптимізаційній задачі не вдасться представити модель як просту сукупність невзаємопов'язаних задач оптимізації для кожного періоду часу.

Загальним для всіх моделей цієї категорії є те, що поточні управлінські рішення проявляються як в період, що відноситься безпосередньо до моменту прийняття рішення, так і в подальші періоди. Такого роду наслідки, як правило, будуть істотними в тих випадках, коли мова йде про управлінські рішення, пов'язані з можливістю нових капіталовкладень, збільшенням виробничих потужностей або навчанням персоналу з метою створення передумов для збільшення прибутковості або скорочення витрат в подальші періоди.

Типовими областями застосування моделей динамічного програмування при прийнятті рішень у сфері охорони праці на підприємстві є:

- розроблення правил управління запасами засобів індивідуального захисту, які визначають момент поповнення запасів і розмір поповнюючого замовлення;

- визначення необхідного об'єму запасних частин, який гарантує ефективне використання дорогого устаткування;

- розподіл дефіцитних капітальних вкладень між можливими новими напрямками їх використання;

- складання календарних планів поточного і капітального ремонту складного устаткування для підвищення безпеки виробництва;

- розроблення довгострокових правил заміни основних фондів, строк експлуатації яких закінчився, для підвищення безпеки виробництва.

Процеси прийняття рішень, які виражаються згаданими вище моделями, відображають динаміку економічних умов і з цієї точки зору можуть бути віднесені до числа мікроекономічних. Ці моделі дуже важливі, оскільки в багатьох реально функціонуючих системах управління охороною проці (СУОП) потрібно приймати тисячі подібних рішень. Разом з тим, відображаючи реальну динаміку СУОП, ці моделі дозволяють здійснити більш реалістичне довгострокове планування.

Реальні задачі оптимізації є складними, а ефективний інструмент їх розв'язання в загальному вигляді відсутній. Розв'язання багатьох задач математичного програмування можна спростити, якщо розгорнути процес планування поетапно, тобто використати метод динамічного програмування. Суть методу в тому, що визначення точок оптимального розв'язку цільової функції багатьох змінних замінюють багаторазовим пошуком точок екстремуму однієї змінної або невеликого числа змінних.

Динамічне програмування – це поетапне планування багатокрокового процесу, при якому на кожному етапі оптимізують тільки один крок. Причому управління на кожному кроці повинно вибиратися з урахуванням всіх його наслідків у майбутньому. Використання методів динамічного програмування дозволяє осмислено структурувати реальну задачу довгострокового планування з урахуванням умов здійснення проекту, що міняються у часі.

У задачах, що розв'язуються методом динамічного програмування, значення цільової функції для всього процесу визначається простим підсумовуванням частинних значень  $f_i(x)$  цієї ж функції на окремих кроках, тобто

$$f(x) = \sum_{i=1}^m f_i(x). \quad (1)$$

Розглянемо загальну схему розв'язання задач динамічного програмування. Процес управління складається з  $m$  кроків. На кожному  $i$ -му кроці управління  $x_i$  переводить систему зі стану  $S_{i-1}$ , досягнутого в результаті  $(i-1)$ -го кроку, в новий стан  $S_i$ , який залежить від стану  $S_{i-1}$  і вибраного управління  $x_i$ :

$$S_i = S_i(S_{i-1}, x_i). \quad (2)$$

Важливо, щоб новий стан  $S_i$  залежав тільки від стану  $S_{i-1}$  і управління  $x_i$ , не залежало від того, яким чином система прийшла в стан  $S_{i-1}$ . У найгіршому випадку це досягається збільшенням числа станів системи (в поняття “стан системи” вводять ті параметри, від яких залежить майбутній результат).

Розглянемо задачу про максимізацію цільової функції  $f(x)$  на  $m$ -кроковому процесі.

Під впливом управлінь  $x_1, x_2, \dots, x_m$  система переходить з початкового стану  $S_0$  в кінцевий  $S_{\text{кін}}$ . За  $m$  кроків отримують виграш (значення цільової функції):

$$f(x) = \sum_{i=1}^m f_i(S_{i-1}, x_i), \quad (3)$$

де  $f_i(S_{i-1}, x_i)$  – виграш на  $i$ -му кроці.

Принцип оптимальності дозволяє стверджувати, що при будь-якому початковому управлінні  $x_1$  має місце співвідношення

$$\begin{aligned} f(x) &= f_1(S_0, x_1) + [f_2(S_1, x_2) + \dots + f_m(S_{m-1}, x_m)] = \\ &= f_1(S_0, x_1) + f_m[S_{m-1}(S_0, x_1)] \end{aligned} \quad (4)$$

Оскільки співвідношення (4) справедливе для всіх початкових рішень  $x_1$ , то для одержання максимального виграшу треба знайти максимум по  $x_1$

значення  $f(x)$ . Це приводить до рекурентної формули динамічного програмування

$$f_m(S_0) = \max_{x_1} f(x) = \max_{x_1} [f_1(S_0, x_1) + f_m[S_{m-1}(S_0, x_1)]]; m \geq 1. \quad (5)$$

Вираз (5) означає, що, знаючи  $f_0(S)$ , можна обчислити  $f_1(S)$ , знаючи  $f_1(S)$ , можна обчислити  $f_2(S)$  і т. д.

Отже, алгоритм отримання розв'язку в динамічному програмуванні можна визначити як послідовність функцій виграшу або ж як послідовність управлінь  $\{x_n(S_0)\}$ . Ці послідовності визначають одна одну – в цьому й полягає значення рекурентних співвідношень. Причому є тільки одна послідовність оптимальних значень цільової функції, хоч, в принципі, можуть мати місце різні оптимальні управління, які приводять до того ж максимального виграшу.

Плануючи багатоетапну операцію, управління на кожному кроці вибирають з урахуванням майбутнього. І тільки на останньому кроці такої необхідності немає. Цей крок можна спланувати так, щоб він приніс найбільшу вигоду.

Плануючи останній крок, до нього приєднують передостанній, знаходять згідно з основною рекурентною формулою найбільший виграш на цих двох кроках і т. д. Тому процес розгортається від кінця до початку.

Алгоритм динамічного програмування має такий вигляд.

1. На вибраному кроці задаємо набір значень змінної, що характеризує останній крок і можливі стани системи на передостанньому кроці. Для кожного можливого стану і кожного значення вибраної змінної обчислюємо значення цільової функції. З них для кожного виходу передостаннього кроку вибираємо оптимальні значення цільової функції і відповідні їм значення розглядаємої змінної. Отримуємо і фіксуємо відповідну таблицю.

2. Переходимо до оптимізації на етапі, що передус розглянутому (рух назад), відшукуючи оптимальне значення нової змінної при фіксованих знайдених раніше оптимальних значеннях наступних змінних. Оптимальне значення цільової функції на подальших кроках отримуємо з попередньої таблиці. Якщо нова змінна характеризує перший крок, то переходимо до п. 3. В противному разі повторюємо п. 2 для наступної змінної.

3. При даних у початковій умові для кожного можливого значення першої змінної обчислюємо значення цільової функції і вибираємо її оптимальне значення, що відповідає оптимальному значенню першої змінної.

4. При відомому оптимальному значенні першої змінної визначаємо початкові дані для наступного кроку і по останній таблиці – оптимальне значення наступної змінної.

5. Якщо наступна змінна не характеризує останній крок, то переходимо до п. 4. У противному разі переходимо до п. 6.

6. Формуємо оптимальне рішення.

Застосування методів динамічного програмування дозволяє значно спростити процедуру планування заходів з охорони праці підприємства та підвищити ефективність наслідків їх реалізації.