

АЛГОРИТМ ПЛАНУВАННЯ ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВІ ЗА ДОПОМОГОЮ ДИНАМІЧНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

К. Н. Ткачук, докт. техн. наук, Ю. О. Полукаров, канд. техн. наук (НТУУ “КПІ”), О. Є. Кружилко, канд. техн. наук, В. В. Майстренко, інж. (ННДІПБОП)

Предложен алгоритм планирования мероприятий по охране труда с использованием математического аппарата динамического программирования, что позволит руководителям предприятий оперативно и эффективно принимать решения по выбору мероприятий, направленных на улучшение условий труда.

Ключевые слова: алгоритм, динамическое программирование, планирование мероприятий, охрана труда, эффективность.

Запропоновано алгоритм планування заходів з охорони праці з використанням математичного апарату динамічного програмування, що дозволить керівникам підприємств оперативно та ефективно приймати рішення щодо вибору заходів, спрямованих на покращення умов праці.

Ключові слова: алгоритм, динамічне програмування, планування заходів, умови праці, ефективність.

The algorithm of planning the labour protection measures using mathematical tool of the dynamic programming is suggested that will allow the heads of enterprises to come operatively to decisions according to choice of measures directed at the improvement of labour conditions.

Key words: algorithm, dynamic programming, planning of measures, labour protection, efficiency.

Вступ. Розв’язання питання оптимізації заходів з охорони праці в гірництві, особливо в кризовий період, який характеризується дефіцитом матеріальних ресурсів, набуває все більшої актуальності. Зазвичай для цього використовуються статичні математичні моделі, які добре зарекомендували себе у різноманітних предметних областях. Однак у багатьох задачах з прийняття рішень у сфері охорони праці основні параметри (показники умов праці, стан безпеки обладнання, наявність засобів захисту тощо) і обмеження (матеріальні та фінансові ресурси) змінюються у часі, що свідчить про їх динамічний характер. Зазначені обставини істотно впливають на адекватність результатів і фактично унеможливають застосування статичних моделей як інструмента підвищення ефективності управління охороною праці. У таких випадках доцільно використовувати динамічні методи моделювання.

Метою роботи є розроблення методики планування заходів з охорони праці за допомогою математичного апарату динамічного програмування.

Викладення матеріалу та результати. Динамічна задача не зводиться повністю до задачі оптимізації для послідовних періодів часу, що розглядаються ізольовано один від одного. Так, наприклад, розв’язуючи задачу раціонального вибору плану заходів щодо підвищення 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 [1]. Такого роду наслідки, як правило, будуть істотними в тих випадках, коли мова йде про управлінські рішення, пов'язані з можливістю нових капіталовкладень, збільшення виробничих потужностей або навчання 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:

розподіл фінансових та матеріальних ресурсів між можливими напрямками їх використання для профілактики виробничого травматизму та професійної захворюваності [2];

складення календарних планів поточного і капітального ремонту обладнання для підвищення безпеки виробництва;

оптимізація процесу забезпечення працюючих засобами індивідуального захисту.

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 [3, 4]. 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 цільових функцій 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 із 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 (поняття „стан системи” характеризується параметрами, 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_i має місце співвідношення

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

Оскільки співвідношення (4) справедливе для всіх початкових рішень x_1 , то для отримання максимального виграшу треба знайти максимум по x_1 значень $f(x)$. 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, хоча 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 приносив найбільшу вигоду.

Плануючи останній крок, до нього приєднують передостанній, знаходять згідно з основною рекурентною формулою найбільший виграш на цих двох кроках тощо. Тому процес розгортається від кінця до початку. Алгоритм динамічного програмування містить описані нижче етапи.

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 розглядової змінної. Отримуємо і фіксуємо відповідну таблицю.

2. Переходимо до оптимізації на етапі, що передує розглянутому (рух назад), відшуковуючи оптимальне значення нової змінної при фіксованих знайдених раніше оптимальних значеннях наступних змінних. Оптимальне зна-

чення цільової функції на подальших кроках отримуємо з попередньої таблиці. Якщо нова змінна характеризує перший крок, то переходимо до етапу 3. В іншому випадку повторюємо етап 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 – оптимальні значення наступної змінної.

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

6. Обираємо оптимальне рішення.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Застосування алгоритму планування заходів, що ґрунтується на використанні методу динамічного програмування, дозволяє:

підвищити наукову обґрунтованість планування заходів з охорони праці на підприємстві;

підвищити оперативність розроблення управлінських рішень щодо створення безпечних і нешкідливих умов праці;

оптимізувати витрати матеріальних та фінансових ресурсів на заходи з охорони праці.

Враховуючи те, що практична реалізація запропонованого алгоритму планування заходів з охорони праці потребує виконання великої кількості розрахунків, в подальшому необхідно розробити інформаційно-аналітичну систему накопичення та обробки даних про стан охорони праці на підприємстві, призначену для підтримки прийняття управлінських рішень.

1. *Ткачук С. П.* Использование аппарата математического моделирования в системе управления охраной труда / Ткачук С. П. // Охрана труда. – 1999. – № 5. – С. 37–38.

2. *Ткачук К. Н.* Застосування інформаційних систем в галузі охорони праці: Науково-метод. посібник / К. Н. Ткачук, О. Є. Кружилко, Н. А. Праховнік. – К.: Експодата, 2004. – 186 с.

3. *Корецький С. Л.* Використання динамічного факторного аналізу в прогнозуванні розвитку стохастичних і детермінованих систем / С. Л. Корецький, Л. Б. Лерман, О. С. Роскач // Машинна обробка інформації. – 1997. – Вип. 59. – С. 119–132.

4. *Бажин И. И.* Информационные системы менеджмента / Бажин И. И. – М.: ГУ–ВШЭ. – 2000. – 688 с.