

УДК 622.271.001:621.311.1

В. М. Лисогор, д. т. н., проф.;

Ю. А. Лисогор, асп.

КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВ

Для складних неструктурованих, неформалізованих, неповністю цілевизначених виробничих процесів гірничого підприємства кар'єрного типу розроблено та досліджено компоненти концептуальної математичної моделі управлінських рішень за рахунок декомпозиції загальної проблеми на ряд досліджуваних задач.

Характеристика проблеми дослідження

На сьогоднішній день продукція гірничих підприємств є гостродефіцитною, що пов'язано з необхідністю будівництва шляхів внутрішнього та зовнішнього автомобільного сполучення. Виробничі процеси гірничого підприємства кар'єрного типу можна віднести до складних неструктурованих, неформалізованих, нецілевизначених об'єктів прийняття управлінських рішень. Значні труднощі прийняття рішень цим об'єктом пов'язані з необхідністю проведення підричних робіт, які суттєво впливають на характер ведення виробничих процесів. Основними виробничими одиницями тут є екскаватори, бурові станки, рухомі електричні підстанції, рухомі освітлювачі місць видобування гірничої сировини, підсистеми відкачки води, відвантажувачі сировини (потужні вантажні автомобілі) до підсистем подальшої переробки. До складних можна віднести також структуру і параметри електричних навантажень, де похибки контролю, переважно залишаються значними і перевищують межі $\pm 20\%$ їх номінального значення. Вказане веде до значних втрат у споживанні електричної енергії та умов безпеки електромереж гірничого підприємства від несанкціонованих підключень.

Саме тому перспективним є використання концепції моделювання управлінських рішень для розв'язання задач, що просувають виробничі процеси гірничих підприємств, тому що експериментування безпосередньо на об'єкті дослідження призводить до значних економічних і навіть людських втрат.

Для обґрунтування проблеми вибору наявна множинність досліджуваних задач: множини альтернатив, оцінки альтернатив за одним або декількома критеріями, режиму однократного чи багатократного вибору, вибору в умовах визначеності, вибору в умовах імовірного характеру, вибору в умовах невизначеності, індивідуальної чи групової відповідальності за наслідки вибору, ступені узгодженості цілей при груповому виборі, оцінки наслідків вибору при зростаючих групових конфліктах. Причому, для нормальних умов функціонування об'єкта моделювання його можна віднести до об'єктів з визначеними наслідками, а для умов конфліктів, вони можуть потрапляти в умови невизначеності.

Звідси можна стверджувати: напрямок дослідження публікації відноситься до важливих прикладних народногосподарських тем, що чекають свого часткового або повного вирішення.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

На вказаному терені відомі класичні системні дослідження таких авторів: Сапожнікова Р. О., Бессонова О. А., Шоломицького А. Г. [1], Захарова В. М., Поспелова Д. О., Хазацького В. Є. [2], Тимченко А., Андрієнко В., Данилюка А. [3], Ладанюка А. П. [4], Харченка В. С., Скляра В. В., Тарасюка О. М. [5], Клименко С. М., Дуброва О. С. [6].

На терені прикладних робіт відомі дослідження для гірничих підприємств наукової школи Рогальського Б. С. та його учнів [7, 8]. Відомі також роботи з частковими аспектами моделювання для гірничого підприємства [9—11].

Проте, розглянуті роботи з прикладного напрямку досліджень, що пов'язаний з гірничими підприємствами, є явно недостатніми. Саме це характеризує актуальність статті.

Мета публікації — для складних неструктурованих, неформалізованих, нецілевизначених ви-

робничих процесів гірничого підприємства кар'єрного типу розробити та дослідити концептуальну математичну модель управлінських рішень на основі визначення числових критеріїв, які дозволяють обґрунтувати і визначити найкращі альтернативи функціонування цього прикладного об'єкта.

Викладення основних результатів

1. Критеріальні засади моделювання управлінських рішень виробничих процесів гірничого підприємства

Якщо x — деяка альтернатива множини X виробничих процесів $x \in X$, то для нього можна задати $\mathfrak{Z}(x)$ — критерій якості (цільову функцію, функцію корисності), для якої можна виділити дві множини альтернатив $X_1; X_2$, як це ми робили при визначенні відповідної групи кар'єрів [8], коли альтернатива X_1 краща X_2 , тобто $X_1 > X_2$, то $\mathfrak{Z}(X_1) > \mathfrak{Z}(X_2)$. Вибір будь-якої альтернативи привів нас до однозначно відомих наслідків, де найкращою альтернативою \hat{X}_H була та, яка мала найкраще значення критерію якості оцінки відстані між класами

$$\hat{X}_H = \arg \max \mathfrak{Z}(x), \quad (1)$$

де $\mathfrak{Z}(x)$ — максимальні значення критерію якості області допустимих значень стратегій x .

На характер змінних X і масивів фіксованих невиндкових параметрів A накладаються такі значення функції обмеження

$$g = g(A, X) \{ \leq, =, \geq \} b, \quad (2)$$

де g — функція обмежень; b — конкретні числові значення обмежень.

В інших задачах виробничих процесів пошук \hat{X}_H був надзвичайно складним, багатокритеріальним і залежав від функції чи функціоналу $\mathfrak{Z}(x)$. У виробничих процесах гірничих підприємств є потреба розгляду сімейства задач, вирішення яких може дати розв'язок загальної проблеми. В свою чергу, кожна задача є також достатньо складною, для вирішення якої використано багатосферний та багатошаровий підхід [4].

З урахуванням особливостей та закономірностей виробничих процесів гірничих підприємств в роботі визначені загальні риси задач та довізначена роль підсистем в рамках ієрархічної системи підприємства:

1.1. Елемент верхнього рівня завжди має справу з більш великими підсистемами або більш широкими аспектами поведінки підприємства в цілому. Тут будемо досліджувати два напрямки: багатошарову та багатостратову ієрархію. При багатошаровій ієрархії елемент верхнього рівня є «командним» по відношенню до двох і більше елементів нижчого рівня, а його рішення координує роботу цих елементів у відповідності до його мети. Для концепції шарів, у які входять: пошук, навчання та адаптація, самоорганізація, елементи верхнього рівня відповідають за поведінку виробничого процесу триваліших відрізків часу. Щоб отримати інформацію для зменшення невизначеності, шар навчання спостерігає протягом ряду періодів прийняття рішень. Шар самоорганізації змінює структуру стратегії прийняття рішень і спостерігає виробничий процес протягом ще більшого часу. Багатостратова концепція здійснюється аналогічно: виробничий процес на будь-якому рівні утворюється з підсистем нижніх рівнів і тоді більш висока страта має справу з більш загальним аспектом поведінки виробничого процесу.

1.2. Описи та задачі на верхніх рівнях менш структуровані, мають більше невизначеностей та складніші для кількісної оцінки. Задачі прийняття рішень на верхніх рівнях є складнішими.

2. Різновиди моделей різного рівня виробничих процесів гірничих підприємств

При створенні моделей управлінських рішень виробничих процесів гірничих підприємств постають задачі управління на рівні елементів, підсистем, системи в цілому. Розглянемо такі різновиди моделей:

2.1. Моделі управлінських рішень в умовах визначеності і ризику. Це, як правило, моделі нижнього рівня зі зворотним зв'язком, однокритеріальні, мають сувору математичну постановку задач

прийняття рішень (ЗПР). Тут ефективність управління визначається числовим критерієм оптимальності

$$\mathfrak{Z} = \mathfrak{Z}(X, C). \tag{3}$$

Функція обмежень має вид подібний до (2)

$$g_j = g_j(A_j, X) \{ \leq, =, \geq \} b_j, \quad j = \overline{1, m}. \tag{4}$$

Де $X = \{X_i\}$, $i = \overline{1, n}$ — вектор чітко визначених стратегій; C — масив фіксованих невиндкових факторів; A_j — масив фіксованих невиндкових параметрів; A_j, C — приймаються відомими.

Мета оперуючої сторони полягає в максимізації критерію оптимальності

$$\mathfrak{Z} = \mathfrak{Z}(X, C) \rightarrow \max. \tag{5}$$

За рахунок підбору таких найкращих оцінок стратегій $\widehat{X} = \{X_i\}$, $i = \overline{1, n}$ вектора $X = \{X_i\}$, $i = \overline{1, n}$ з області припустимих значень Ω_X , щоб

$$\overline{\mathfrak{Z}} = \mathfrak{Z}(\widehat{X}, C) = \max \mathfrak{Z}(X, C), \quad X \in \Omega_X. \tag{6}$$

Така постановка ЗПР повністю збігається із загальною постановкою математичного програмування (МП)

$$\begin{cases} \mathfrak{Z}(X) \rightarrow \max(\min); \\ g_j(X) \{ \leq, =, \geq \} b_j, \quad j = \overline{1, m}. \end{cases} \tag{7}$$

$X = \{X_i\}$, $i = \overline{1, n}$ — n -вимірний вектор змінних задач.

Як відомо, для розв'язання задач МП використовують значну кількість методів. Для прикладного об'єкта виробничих процесів гірничого підприємства авторами апробовані методи лінійного та нелінійного програмування в детермінованій та стохастичній формах. В умовах ризику апробовані методи дисперсійного аналізу, методи планування активного експерименту на прикладах прогнозування електричних навантажень. Авторами також апробовані методи зведення оптимізаційних рішень стохастичних ЗПР до детермінованих та оптимізації в середньому [6, 9—11].

2.2. Моделі управлінських рішень в умовах багатокритеріальних ситуацій виробничих процесів гірничих підприємств. У загальному випадку стратегія оперуючої сторони X_i , $i = \overline{1, n}$ може бути скаляром, вектором, матрицею або ще складнішим утворенням. Припустимо, що стратегія $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ є n -вимірним вектором. Компоненти X_j пов'язані з виробничими процесами гірничого підприємства так

$$G_j = G_j(C_j, X) \geq b_j, \quad j = \overline{1, m}, \tag{8}$$

де G_j — векторна функція технологічних обмежень; b_j — конкретні значення технологічних обмежень; C_j — сукупність невиндкових факторів.

Умова (8) визначає область допустимих стратегій Ω_X , тобто з цієї області особа, що приймає рішення (ОПР), обирає стратегії в даній ситуації.

Ефективність дій оперуючої сторони оцінюємо сукупністю локальних критеріїв $\mathfrak{Z}_{\lambda 1}, \mathfrak{Z}_{\lambda 2}, \dots, \mathfrak{Z}_{\lambda k}$, які мають відповідні вагові коефіцієнти $\lambda 1, \lambda 2, \dots, \lambda k$. Тоді існує два вектори $\Lambda = \lambda_j, j = \overline{1, k}$; $\overline{\mathfrak{Z}} = \mathfrak{Z}_j, j = \overline{1, k}$. Кожна складова критерію $\overline{\mathfrak{Z}}$ характеризує локальну мету операції і пов'язана із стратегією відображенням

$$\mathfrak{Z}_j = \mathfrak{Z}_j(A_j, X), \quad j = \overline{1, k}, \tag{9}$$

де A_j — сукупність фіксованих параметрів.

Частинним відображенням $X \rightarrow \mathfrak{Z}_j$ є функціональна залежність між критерієм \mathfrak{Z}_j і стратегією X .

Одночасне досягання мети операції за всіма локальними критеріями при одній стратегії неможливе, тому рішення полягає в знаходженні компромісу в досягненні локальних цілей. Тоді виникає задача: стратегія X_{opt} повинна належати множині Ω_X її допустимих значень; стратегія повинна бути найкращою відносно прийнятого принципу компромісу з урахуванням вектора Λ важливості критеріїв

$$\mathfrak{Z}_{opt} = \mathfrak{Z}(X_{opt}) = \underset{X \in \Omega_X}{opt} [\mathfrak{Z}(X), \Lambda]. \quad (10)$$

Оператор opt визначає принцип оптимальності, вибір найкращого рішення. Принцип оптимальності — математична модель принципу компромісу.

Область Ω_X можна розділити так: Ω_X^3 — область згоди, коли рішення може бути покращено одночасно за всіма показниками; Ω_X^K — область компромісів, в якій покращення якості рішення за одними локальними критеріями призводить до погіршення якості рішення за іншими. Оптимальне рішення належить області компромісів Ω_X^K . Для обґрунтування варіанту рішення необхідно розкрити оператор opt для пошуку схеми компромісу, що здійснює ОПР суб'єктивно.

При аналізі схеми компромісу приймається, що локальні критерії нормовані та мають однакову важливість. Використовуючи область допустимих критеріїв, можна записати

$$\mathfrak{Z}_{opt} = \mathfrak{Z}(X_{opt}) = \underset{X \in \Omega_X}{opt} [\mathfrak{Z}(X), \Lambda] = \underset{\mathfrak{Z} \in \Omega_{\mathfrak{Z}}^k}{opt} [\mathfrak{Z}, \Lambda]. \quad (11)$$

Схеми компромісу: принципи рівномірності; справедливих поступок; відділення одного критерію, що оптимізується; послідовних поступок та інше.

2.3. Моделі прийняття рішень в умовах невизначених ситуацій виробничих процесів гірничих підприємств. Низький стан визначеності досліджуваного об'єкта диктується багатьма факторами. Одним з важливих є значні похибки контролю електричних навантажень, що перевищують 20 % їх номінального значення. В цьому підрозділі наведемо стисло основні результати досліджень відносно цього галузевого об'єкта. Модель ЗПР, в умовах невизначеності функціонування реального об'єкта, де результат окрім стратегії оперуючої сторони і ряду фіксованих факторів, залежить від невизначених факторів, що невідомі в момент прийняття рішень і які не залежать від оперуючої сторони. А тому кожній стратегії оперуючої сторони відповідає деяка множина можливих результатів. Причому, невідомі фактори проявляються в наслідок недостатньої інформації їх внутрішньої і зовнішньої природи і походження. Виділимо дві групи невизначеності факторів нестochasticної природи:

— Стратегічні невизначеності, коли в операції беруть участь декілька оперуючих сторін, які мають різні цілі, і кожна сторона приймає рішення, коли дії інших учасників невідомі.

— Концептуальні невизначеності, коли невизначені фактори для особливо складних рішень з довгостроковими наслідками, нечіткими уявленнями про цілі інших учасників. Тут чітко виникає конфліктна ситуація для аналізу якої доцільно використати теорію ігор та теорію мінімакса (максиміна).

З конфліктними ЗПР пов'язані такі передумови: кожному учаснику відомі цілі і стратегії інших, кожний учасник розумний, активний, тому визначальним в його поведінці є максимальне досягнення власних цілей. В умовах невизначеності однією із сторін може виступати «природа», якій не можна приписати свідомих поставлених цілей. Але дослідник поступово вивчає природне середовище і зменшує невизначеності. В ЗПР для «гри з природою» формалізуємо так: ОПР вибирає один з n можливих стратегій x_i , $i = \overline{1, n}$; результат операції s_j , $j = \overline{1, m}$ матиме вигляд: A — виґраш ОПР, \bar{A} — втрати ОПР. Тоді матриці виґрашів та втрат матимуть вигляд

$$A = |a_{ij}|; \quad \bar{A} = |\bar{a}_{ij}|. \quad (12)$$

З матриць виґрашів та втрат (12) отримаємо відповідні функції виґрашів та втрат

$$a_{ij} = A(x_i, s_j); \quad \bar{a}_{ij} = \bar{A}(x_i, s_j). \quad (13)$$

Якщо зафіксувати на відповідних кроках значення стратегій x_{Φ}^i , то замість функцій (13) з двома аргументами отримаємо функції ризиків з одним аргументом. Тоді функція ризиків на прикладі визначення втрат матиме такий вигляд:

$$r(x_{\Phi}^i) = P\bar{A}^i(x_{\Phi}^i, s_j), \quad (14)$$

де $r(x_{\Phi}^i)$ — ризик, пов'язаний із стратегією x_{Φ}^i ; P — функціонал, за допомогою якого функція втрат \bar{A}^i перетворюється у функцію ризиків.

Тоді, найкращою є стратегія $x^* \in X$, яка мінімізує ризик на множині X

$$r(x^*) = \min_{x_j \in X} r(x_j), \quad i = \overline{1, n}. \quad (15)$$

В залежності від конкретних ситуацій, дослідження моделі прийняття рішень в умовах невизначених ситуацій виробничих процесів гірничих підприємств, в роботі використано такі критерії:

— Критерій максиміна (критерій Вальда) орієнтується на кращий з гірших результатів. ОПР у цьому випадку мінімально готова до ризику, вона не стільки бажає виграти, скільки не програти, це критерій песиміста.

— Критерій максимакса відповідає оптимістичній наступальній стратегії.

— Критерій Гурвіца передбачає оцінку функцію між поглядами крайнього оптимізму та крайнього песимізму. Тут вирішальним є параметр $0 \leq \alpha \leq 1$ впевненості інвестора щодо здобуття максимального виграшу.

— Критерій мінімаксу (критерій Севіджа) орієнтується на мінімізацію жалю втраченого прибутку та припускає розумний ризик заради отримання додаткового прибутку.

— Критерій математичного сподівання (критерій Байеса) ґрунтується на припущенні, що відомі ймовірності настання можливих станів зовнішньої «природи» $\sum_{j=1}^n P_j = 1$. Критерієм вибору слу-

жить значення математичного сподівання альтернативи j . Відповідно до критерію Байеса оптимальною вважається альтернатива з більшим значенням математичного сподівання, ніж в інших альтернативах.

— Критерій середнього значення і стандартного відхилення використовується для оцінки розсіювання значень критерію щодо його середнього прогнозного значення. Чим вище стандартне відхилення, тим більший ризик.

— Критерій Лапласа дозволяє відокремити кращий варіант у тому випадку, коли жодна з умов не має істотної переваги. Тут припускають, що ймовірність кожного з можливих станів «природи» однакова. Тоді цінність кожної альтернативи можна обчислити за формулою звичайного середнього арифметичного всіх її можливих оцінок. Оптимальною є та альтернатива, яка має найбільшу середню оцінку.

В розробці моделей прийняття рішень в умовах невизначених ситуацій виробничих процесів гірничих підприємств реалізуються два напрямки:

— З вищезазначених семи критеріїв автори визначають кращі, що відповідають характеру виробничих процесів.

— Активних дій на можливості зменшення ентропії невизначених ситуацій за рахунок розробки та проектування автоматизованої системи наукових досліджень (АСНД) гірничого підприємства.

Висновки

Для складних неструктурованих, неформалізованих, неповністю цілевизначених виробничих процесів гірничого підприємства кар'єрного типу розроблені і досліджені компоненти концептуальної математичної моделі управлінських рішень за рахунок декомпозиції загальної проблеми на ряд досліджуваних задач: відділення множини альтернатив, оцінки альтернатив за одним критерієм на нижньому рівні, декількома критеріями на середньому рівні, режимом однократно-

го та багатократного вибору на верхніх рівнях ієрархії, вибору в умовах стохастичного характеру, вибору в умовах стратегічної та концептуальної невизначеностей. В заключній частині наведені загальні характеристики критеріїв на можливість використання їх для виробничих процесів гірничих підприємств: максиміна, максима, крайніх (оптимізму та песимізму), мінімаксу, математичного сподівання, кращого варіанта для однакових можливостей, середнього значення і стандартного відхилення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сапожников Р. А., Бессонов А. А., Шоломицкий А. Г. Надежность автоматических управляющих систем. — М.: Высшая школа. — 1964. — 264 с.
2. Захаров В. Н., Пospelов В. Н., Хазацкий В. Е. Системы управления: задание, проектирование, реализация. — М.: Энергия. — 1977. — 424 с.
3. Тимченко А., Андрієнко В., Данилюк А. Системи моделювання складних логіко-динамічних систем // Матеріали VIII Міжнародної конференції «Контроль і управління в складних системах (КУСС-2005)». — Вінниця 24—27 жовтня 2005. — С. 6.
4. Ладанок А. П. Основи системного аналізу: Навчальний посібник. — Вінниця: Нова книга. — 2004. — 176 с.
5. Харченко В. С., Скляр В. В., Тарасюк О. М. Методы моделирования и оценки качества и надёжности программно-обеспечения: Учебное пособие. — Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьковский авиационный ин-т». — 2004. — 159 с.
6. Клименко С. М., Дуброва О. С. Обґрунтування господарських рішень та оцінка ризиків: Навчальний посібник. — К.: КНЕУ. — 2005. — 252 с.
7. Рогальський Б. С. Методи визначення і прогнозування електричних навантажень промислових підприємств. — Вінниця: ВДТУ, 1996. — 96 с.
8. Рогальський Б. С. Проблеми енергозбереження. Нормування і прогноз електроспоживання (на прикладі гірничих підприємств): Навчальний посібник. — Вінниця: ВДТУ, 1996. — 151 с.
9. Лисогор В. М., Лисогор Ю. А. Байєсівська модель вимірювання та розпізнання образів стану електричних навантажень промислових підприємств // Вісник Технологічного університету Поділля. Технічні науки. — Хмельницький. — 2004. — № 2. — Ч. 1, Т. 1. — С. 131—134.
10. Рогальський Б. С., Лисогор Ю. А. Удосконалення методів прогнозування електричних навантажень промислових підприємств на основі теорії розпізнавання образів // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2005. — № 2. — С. 59—68.
11. Рогальський Б. С., Лисогор Ю. А. Моделі параметричної оцінки визначення та прогнозування електричних навантажень гірничих підприємств: модульний підхід // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2005. — № 3. — С. 58—66.

Матеріали статті рекомендовані до опублікування оргкомітетом XIII Міжнародної конференції з автоматичного управління (Автоматика-2006, 25—28.09.2006 р.)

Надійшла до редакції 23.11.06
Рекомендована до друку 12.12.06

Лисогор Василь Микитович — професор кафедри менеджменту.

Вінницький державний аграрний університет;

Лисогор Юлія Андріївна — аспірантка кафедри електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту.

Вінницький національний технічний університет