

Григор'єв Ю.І., канд. техн. наук, доцент
Ковтонюк В.С., бакалавр
Криворізький національний університет, yulian.hryhoriev@knu.edu.ua
Григор'єв І.Є., канд. техн. наук, доцент
ТОВ «Технічний університет «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»,
ihor.hryhoriev@mipolytech.education

ОБГРУНТУВАННЯ ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ ЯК МЕТОДУ АДАПТИВНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЖИМУ ГІРНИЧИХ РОБІТ

Для потужних залізорудних кар'єрів, які відзначаються складною геометрією і неоднорідною якістю родовищ, особливої ваги набуває розробка ефективної методики оптимізації режиму гірничих робіт. У зв'язку з цим виникає потреба в порівняльному аналізі існуючих підходів, здатних інтегрувати просторові, технологічні та економічні чинники, й обґрунтуванні вибору найбільш адекватного методу для задачі ієрархічної оптимізації [1]. Серед відомих методів вирішення задач оптимізації при плануванні порядку розробки родовища виокремлюють стохастичне програмування зі сценарним підходом, завдяки якому можливо одержати розподіл очікуваних значень NPV для набору альтернативних варіантів цінкових і геологічних сценаріїв. Перевагою цього методу є формалізоване врахування невизначеності шляхом імовірнісної зваженості, тоді як його недолік полягає в експоненціальному зростанні обчислювальної складності зі збільшенням кількості сценаріїв та необхідності точного визначення їх ймовірнісних характеристик. Імітаційне моделювання за допомогою методу Монте-Карло дозволяє гнучко відображати розподіли значень основних параметрів і оцінювати чутливість плану до геологічної невизначеності, проте не гарантує оптимального рішення, а лише забезпечує статистичну оцінку ризику при значному числі ітерацій. Динамічне програмування в поєднанні з адаптивними буферно-тригерними механізмами дає змогу формувати послідовні плани з урахуванням надходження нової інформації та коригувати рішення «у польових» умовах, однак його складність стримує застосування для великих кластерів із тисячами блоків. Методи багатокритеріального прийняття рішень (MCDM) — АНР, ELECTRE, PROMETHEE — забезпечують інтеграцію економічних, екологічних і соціальних факторів, проте вимагають якісних експертних оцінок вагових коефіцієнтів і не готові до обробки сотень або тисяч дискретних геотехнологічних одиниць [2]. Генетичний алгоритм, зокрема в гібридному виконанні, поєднує головні переваги зазначених підходів: можливість роботи в просторі високої розмірності, здатність шукати наближені рішення без потреби в аналітичній гладкості цільової функції, гнучкість у формуванні операцій розмноження, кросовера та мутації, а також легкість інтегрування сценарних оцінок NPV, зокрема й середніх ризик-зважених. Основним же його недоліком є потреба ретельного налаштування операторів і параметрів алгоритму, а також ризик локальних оптимумів, що, проте, може бути значно зменшений завдяки гібридизації з локальними евристичними та адаптивним оновленням параметрів популяції. Такий підхід забезпечує практично прийнятний час обчислень і достатню якість рішення навіть за умови складних геометричних та економічних обмежень, що робить його найбільш обґрунтованим інструментом для оптимізації режиму гірничих робіт регіонального гірничодобувного кластера.

Список посилань

1. Григор'єв Ю.І. Дослідження взаємозв'язків параметрів режиму гірничих робіт, конфігурації покладу і параметрів системи розробки при змінній ціні на продукцію гірничодобувного кластеру / Ю.І. Григор'єв, Ю.А. Монастирський, О.В. Плотніков, О.П. Богомаз // Наукові праці ДонНТУ: Серія Гірничо-геологічна. – Дрогобич : ДДПУ, 2024. – Вип. № 1-2 (31-32). – С. 39–47.

2. Azadi N. A Genetic Algorithm Scheme for Large-Scale Open-Pit Mine Production Scheduling / N. Azadi, H. Mirzaei-Nasirabad, A. Mousavi // Mining Technology : journal. – Abingdon : Taylor & Francis, 2023. – № 4(132). – P. 225 – 236.

УДК: 332.334

Нижник Я.В., начальник науково-дослідного відділу наукового і науково-технічного забезпечення Центру протимінної діяльності,
ndv_cpmd@dsst.gov.ua
Журахов О.В., науковий співробітник,
laos00000@gmail.com
Захарченко Д.С., аспірант, молодший науковий співробітник,
dimazakhar@gmail.com

КЛАСИФІКАЦІЯ БЕЗПІЛОТНИХ РОБОТИЗОВАНИХ КОМПЛЕКСІВ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В ОПЕРАЦІЯХ РОЗМІНУВАННЯ

Від початку бойових дій територія України дедалі більше забруднюється вибухонебезпечними предметами (далі – ВВП). Враховуючи масштаби військових дій та значних час їх ведення, з кожним місяцем ситуація тільки погіршується. За інформацією [1] загальна площа замінованих територій оцінюється за різними джерелами приблизно (170-180) тис. км². Станом на 15 квітня 2025 року за даними національної бази даних у сфері протимінної діяльності (далі – ПМД) ІМСМА в Україні ідентифіковано 4960 ділянок імовірно забруднених та забруднених територій загальною площею 619 км², з них вивільнено 263 площею 22,81 км².

Безпілотні роботизовані комплекси, які використовують в операціях з розмінування, у відповідності до середовища в якому переміщується комплекс, класифікуються наступним чином [2]: наземні роботизовані комплекси (далі – НРК), БпЛА; надводні та підводні роботизовані комплекси.

НРК, які використовують в операціях з розмінування, за призначенням класифікуються наступним чином [3]: машини для детонування джерел небезпеки; машини для підготування ґрунту; машини для виявлення джерел небезпеки. Деякі НРК можна одночасно використовувати для виконання більше ніж однієї з цих функцій.

НРК для детонування або іншого виду знищення джерел небезпеки можна ефективно застосовувати за різних умов. Їх використання може зменшити або навіть усунути необхідність подальшого очищення забрудненої території.

НРК для підготування ґрунту призначені для підвищення ефективності операцій з розмінування зменшенням або усуненням перешкод. Підготовка ґрунту може охоплювати: зрізання рослинності та очищення; видалення розтяжок; розпушування ґрунту; видалення металевих забруднень; видалення будівельного сміття, валунів, щебню, оборонних дровових перешкод тощо; перероблення ґрунту й сміття. Підготування ґрунту може охоплювати або не охоплювати: детонацію, знищення або видалення протипіхотних мін.

НРК для виявлення джерел небезпеки можуть виконувати цю функцію фізично, за допомогою просіювальних механізмів і катків, або технологією виявлення з використанням металодетекторної рамки, георадару або пристрою відбирання проб. Деякі методи фізичного виявлення можуть охоплювати процес детонування джерел небезпеки під час виявлення. Якщо метою є знешкодження мін, НРК підпадає під категорію машин для розмінування, а якщо для підтримки таких засобів, як сапери ручного розмінування і мінно-пошукові собаки, то він підпадає під категорію машин для підготовки ґрунту.

За способом керування [4]: дистанційне керування (рис. 1); дистанційне керування за допомогою бортових камер (рис. 2).