

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМ ПІДЗЕМНОГО КОНВЕЄРНОГО ТРАНСПОРТУ ГЕНЕТИЧНИМ АЛГОРИТМОМ

Анотація: Запропоновано використання генетичного алгоритму та його модифікацій для оптимізації параметрів систем підземного конвеєрного транспорту за наявності акумулюючих бункерів. На основі розробленого програмного засобу досліджено вплив параметрів та ефективність роботи цих алгоритмів.

Ключові слова: система підземного конвеєрного транспорту, генетичний алгоритм, акумулюючий бункер, пропускна здатність.

Вступ

Підземний конвеєрний транспорт вугільних шахт є складною багатофункціональною технічною системою, що складається з великої кількості конвеєрів, бункерів і перевантажувального устаткування, що працює в складних гірничо-геологічних умовах експлуатації. Питання автоматизації систем підземного конвеєрного транспорту (СПКТ) досліджувалися в роботах багатьох авторів [1, 5–7]. Через складні геологічні умови в СПКТ виникають регулярні відмови конвеєрних ліній, в наслідок чого знижується продуктивність всієї системи.

Для зменшення простою СПКТ через аварійні ситуації та збільшення пропускної здатності систем підземного конвеєрного транспорту в цілому широке застосування отримали акумулюючі бункери. Однак їх ефективне застосування обмежується відсутністю математичного та програмного забезпечення, що дозволяє оптимізувати процеси функціонування СПКТ.

Зазвичай, система управління конвеєрним транспортом являє собою складну ієрархічну систему. З причини того, що існуючі алгоритми найчастіше застосовуються для відкритих розробок, у дослідженні підземних систем існує брак ефективних алгоритмів оптимізації їх роботи. Саме тому розробка нових та використання існуючих алгоритмів оптимізації є актуальною задачею.

Постановка задачі

У даній роботі пропонується використовувати класичний та модифікований генетичний алгоритми (ГА), як один із алгоритмів оптимізації складних процесів. Відзначимо, що в даній СПКТ використовуються акумулюючі бункера, які показали ефективність свого використання на практиці [2]. Даний вид бункерів використовується для підвищення ефективності роботи СПКТ, а також дозволяє не зупиняти роботу всієї СПКТ при аварійній ситуації.

На рисунку 1 представлена система конвеєрного транспорту деревовидної структури з акумулюючими бункерами, оптимізація параметрів якої буде проводитись далі:

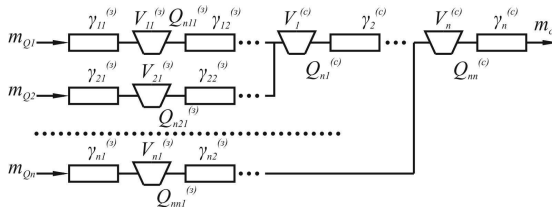


Рис. 1 – Розрахункова схема деревовидної системи підземного конвеєрного транспорту

де m_Q – середнє значення вантажопотоку, який поступає з лав, т/хв; $\gamma_i^{(c)}$, $\gamma_{ij}^{(s)}$ – коефіцієнти аварійності конвеєрних ліній СПКТ; $V_i^{(c)}$, $V_{ij}^{(s)}$ – об’єми бункерів ствольових та забійних шляхів, м³; $Q_{n_i}^{(c)}$, $Q_{n_{ij}}^{(s)}$ – продуктивність живильників ствольових та забійних шляхів, т/хв, де $i = 1, \dots, n$; $j = 1, \dots, k_i$; k_i – кількість бункерів в i -ому забійному шляху.

Для цієї системи були отримані рекурентні співвідношення, які визначають середню пропускну здатність системи при $m_{Q_i} \leq Q_{n_i}$, де m_{Q_i} – середня продуктивність, Q_{n_1} – продуктивність живильника:

$$m_{c_i} = \left[\frac{1 + \frac{(Q_{n_i}^{(c)} - \bar{Q}_{n_i}^{(c)})}{(\bar{Q}_{n_i}^{(c)} - m_i^{(s)})} (1 - e^{A_{2i} \gamma V_i^{(c)}})}{1 + \gamma_{i+1}^{(c)} e^{A_{2i} \gamma V_i^{(c)}} + \frac{(Q_{n_i}^{(c)} - \bar{Q}_{n_i}^{(c)})}{(\bar{Q}_{n_i}^{(c)} - m_i^{(s)})} (1 - e^{A_{2i} \gamma V_i^{(c)}})} \right] m_i^{(s)}, \quad (1)$$

де $A_{2i} = \frac{\mu_c [m_i^{(s)} (1 + \gamma_{i+1}^{(c)}) - Q_{n_i}^{(c)}]}{m_i^{(s)} (Q_{n_i}^{(c)} - m_i^{(s)})}$, ($\mu_c = \mu_i$; $i = 1, n$),

$$\bar{Q}_{n_i}^{(c)} = \frac{Q_{n_i}^{(c)}}{1 + \gamma_{i+1}^{(c)}}, \quad m_i^{(s)} = m_{c_{i-1}} + \frac{m_{Q_i}}{1 + \gamma_{\partial_i}^{(s)}}$$

Тут ефективні коефіцієнти аварійності забійних шляхів з бункерами визначаються за формулами:

$$\gamma_{\partial_i}^{(s)} = \frac{m_{Q_i}}{m_{c_i}^{(s)}} - 1, \quad (\gamma_{\partial_1}^{(c)} = \gamma_{\partial_1}^{(s)}, \quad i = 1, n) \quad (2)$$

де $m_{c_i}^{(s)}$ – середня пропускну здатність i -го забійного шляху СПКТ з бункерами.

На основі отриманих формул можна записати постановку задачі оптимізації в наступному вигляді:

$$K = c_1 f_m(V_{2i}, v_i) - c_2 f_w(v_i) \rightarrow \max$$

$$s.t. \begin{cases} v_{i,\min} \leq v_i \leq v_{i,\max}, \\ V_{1i} \leq V_{2i} \leq V_i. \end{cases} \quad (3)$$

де K – критерії ефективності роботи СПКТ, яка розглядається в даній роботі, c_1, c_2 – собівартість однієї тони вугілля та одного кВт електроенергії відповідно.

Основна частина

Розглянемо особливості генетичного алгоритму, який запропоновано використовувати для оптимізації параметрів системи підземного конвеєрного транспорту. В якості генераторів псевдовипадкових та хаотичних чисел використовувалися наступні генератори з параметрами:

1. генератор Мерсена генерував числа в діапазоні $[1; 2^{32}]$ з випадковим початковим числом. Генератор Мерсена використовувався в класичному ГА.
2. генератор Лоренса з параметрами $\sigma = 10, \rho = 28, \beta = 8/3$
3. генератор Чуа з параметрами $\alpha = 4.91667, \beta = 3.642$ та

$$f(x) = \begin{cases} -0.07x - 1.57, & x < -1, \\ -0.07x + 1.43, & x > 1, \\ 1.5x, & x \in [-1.1]. \end{cases}$$

4. генератор Реслера з параметрами $a = 0.2; b = 0.2; c = 5.7$ та системою диференціальних рівнянь

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = -y - z, \\ \frac{dy}{dt} = x + ay, \\ \frac{dz}{dt} = b + z(x - c). \end{cases}$$

Стандартний оператор мутації було замінено на оператор покоординатного додавання коду індивідуума з випадковим вектором, помноженим на число, що зменшується експоненційно зі зростанням номера покоління. При цьому новий індивідуум займає місце старого у випадку, якщо він має менше значення функції пристосованості.

Для проведення експериментів було розроблено програмний засіб, який по-перше, дозволив застосувати ГА до задачі оптимізації параметрів СПКТ, та по-друге, провести дослідження впливу параметрів ГА на знаходження оптимальних нижніх границь об'ємів стволкових та забійних бункерів, швидкості конвеєрної лінії та критерію ефективності. Даний програмний засіб дозволяє користувачеві обирати та задавати наступні параметри:

- вид алгоритму (класичний або модифікований ГА);
- генератор хаотичних чисел;

- стандартні параметри ГА: кількість індивідуумів, кількість генерацій, коефіцієнт мутації.

В розглянутій системі підземного конвеєрного транспорту об'єми забійних бункерів мали значення з проміжку 5 – 50 т, стволових – 10 – 100 т, а швидкості конвеєрних ліній – 1.6 – 3.2 м/с.

Далі в таблицях (1–4) наведено результати роботи класичного та модифікованого ГА, який використовувався для оптимізації параметрів СПКТ. Зазначимо, що коефіцієнт мутації обирався на рівні 0.1-0.3, бо саме таке його значення показало свою ефективність при оптимізації багатоекстремальних функцій [8].

Таблиця 1. Оптимізація СПКТ класичним ГА з генератором Мерсена

№ П/п	Кількість індивідуумів	Кількість генерацій	Коефіцієнт мутації	Оптимальні нижні границі об'ємів забійних бункерів	Оптимальні нижні границі об'ємів стволових бункерів	Оптимальна швидкість конвеєрної ленти	Глобальний критерій ефективності
1	100	100	0.1	5.001	12.785	1.601	306845.96
2	100	100	0.3	5.001	10.063	1.600	307046.15
3	1000	100	0.1	5.00	10.00	1.600	307047.15
4	1000	100	0.3	5.00	10.00	1.600	307087.26

Таблиця 2. Оптимізація СПКТ модифікованим ГА з генератором Лоренца

№ П/п	Кількість індивідуумів	Кількість генерацій	Коефіцієнт мутації	Оптимальні нижні границі об'ємів забійних бункерів	Оптимальні нижні границі об'ємів стволових бункерів	Оптимальна швидкість конвеєрної ленти	Глобальний критерій ефективності
1	100	100	0.1	5.00	12.004	1.64	306474.57
2	100	100	0.3	5.016	18.027	1.63	306104.15
3	1000	100	0.1	5.000	10.004	1.60	307072.35
4	1000	100	0.3	5.000	10.000	1.60	307072.71

Як бачимо з наведених вище таблиць, запропоновані модифікації ГА змогли відшукати оптимальні значення параметрів СПКТ. При цьому обрані значення коефіцієнту мутації мало впливали на результати роботи алгоритму, а кількість індивідуумів навпаки – зі збільшенням кількості індивідуумів отримані значення параметрів СПКТ були більш оптимальними.

Висновки

В даній роботі показана принципова можливість застосування генетичного алгоритму в задачі оптимізації складних технічних

Таблиця 3. Оптимізація СПКТ модифікованим ГА з генератором Чуа

№ П/п	Кількість індивідумів	Кількість генерацій	Коефіцієнт мутації	Оптимальні нижні границі об'ємів забойних бункерів	Оптимальні нижні границі об'ємів стволових бункерів	Оптимальна швидкість конвеєрної ленти	Глобальний критерій ефективності
1	100	100	0.1	5.00	16.250	1.602	306586.96
2	100	100	0.3	5.016	11.188	1.602	306952.36
3	1000	100	0.1	5.000	10.000	1.600	307071.49
4	1000	100	0.3	5.000	10.000	1.600	307071.49

Таблиця 4. Оптимізація СПКТ модифікованим ГА з генератором Реслера

№ П/п	Кількість індивідумів	Кількість генерацій	Коефіцієнт мутації	Оптимальні нижні границі об'ємів забойних бункерів	Оптимальні нижні границі об'ємів стволових бункерів	Оптимальна швидкість конвеєрної ленти	Глобальний критерій ефективності
1	100	100	0.1	5.000	10.000	1.629	306713.26
2	100	100	0.3	5.000	11.064	1.625	306684.13
3	1000	100	0.1	5.000	10.000	1.600	307072.25
4	1000	100	0.3	5.000	10.000	1.600	307071.49

об'єктів: системи підземного конвеєрного транспорту. Знайдені за допомогою ГА параметри СПКТ є близькими до оптимальних та майже повністю збігаються з параметрами СПКТ з емпірично знайденими.

Використана література

1. Системы подземного транспорта на угольных шахтах / В. А. Пономаренко, Е. Л. Креймер, Г. А. Дунаев [и др.]. – М.: Недра, 1975. – 309 с.
2. Бабенко Ю. В. Имитационное моделирование процесса функционирования систем конвейерного подземного транспорта / Ю. В. Бабенко, Р. В. Кирия, А.И. Михалёв, – Тези доповідей XI міжнародної науково-практичної конференції “Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем (MPZIS-2014)”.-: Дніпропетровськ, 2014. – с. 21-22.с.
3. Кирия Р. В. Применение фракталов к определению пропускной способности систем конвейерного транспорта горных предприятий / Р. В. Кирия // Системні технології: Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Дніпропетровськ, 2010. – Випуск 2(67). – С. 167–174.
4. Спываковский А.О. Карьерный конвейерный транспорт / А.О. Спываковский, М.Г. Потапов, Г.В. Приседский. – М.: Недра, 1979. – 264 с.

5. Кирия Р. В. Математическая модель функционирования аккумулялирующего бункера в режиме поддержания в нем объема груза в заданных пределах / Р. В. Кирия, Ю. В. Бабенко, Т.Ф. Мищенко // Сучасні проблеми металургії: Науковий вісник. – Дніпропетровськ, 2012. – Випуск 15. – С. 85–96.
6. Степанов П. Б. Надежность многобункерных конвейерных линий / П. Б. Степанов, Л. М. Алотин // Изв. ВУЗов. Горный журнал. – 1978. – №1. – С. 94-99.
7. Климов Б. Г. Оценка эффективности функционирования шахтных транспортных систем с бункерами / Б. Г. Климов, В. Я. Богуславский // Изв. ВУЗов. Горный журнал. – 1976. – № 5. – С. 93–96.
8. Михалёв А.И. Оценка работы генетического алгоритма с модифицированными операторами мутации и генерации начальной популяции / А.И. Михалёв, Ю.В. Бабенко // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных трудов. – 2012. – Випуск 2 (79) Днепропетровск, 2012 г., с. 124 – 129

Отримано 23.04.2015 р.