

УДК 65.011.56:622.7.05

В.М. Назаренко, В.В. Тронь

## **МОДЕЛЬ НЕЧІТКОЇ СИСТЕМИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УМОВАХ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОСТІ ТА ДИНАМІЧНОЇ ЗМІНИ ПАРАМЕТРІВ**

*В роботі розглянута можливість використання нечіткої системи аналізу багатокритеріальних варіантів в процесі керування завантаженням багатосекційної ємності за динамічного змінення параметрів об'єкту керування в умовах рудозбагачувальної фабрики. Запропоновано використання підсистеми динамічного визначення функцій приналежності секцій за критеріями на кожному кроці завантаження в процесі роботи системи. Показано можливість використання даної системи керування в умовах рудозбагачувальних фабрик.*

*Автоматизація, багатосекційна ємність, багатокритеріальність, динамічна зміна параметрів.*

### **Постановка проблеми**

Ефективність керування технологічними процесами збагачення багато в чому залежить від геолого-мінералогічних, фізико-механічних та хімічних параметрів вхідної сировини. На сучасному етапі розвитку засобів автоматизації з'явилася можливість вимірювання цих параметрів у вхідному потоці руди, котрий знаходить до збагачувальної фабрики. Спрямовуючи вхідний потік руди до тієї чи іншої секції багатосекційної ємності, у відповідності до його характеристик та параметрів руди, котра знаходиться у секціях даної ємності, можна досягти заданого значення параметрів вихідних потоків, котрі надходять до першої стадії збагачення. Впровадивши автоматизований контроль і керування процесом завантаження можна покращити не тільки ефективність даного технологічного процесу, а й фабрики в цілому.

### **Аналіз публікації за темою дослідження**

Системи завантаження багатосекційних ємностей можна розділити на три групи [1], кожна з яких має власні особливості щодо використання в конкретних умовах гірничо-збагачувальних комбінатів. До першої групи належать системи човникового

---

© Назаренко В.М., Тронь В.В., 2010

завантаження, у яких завантажувальний пристрій (автостела чи кату чий конвеєр) здійснюють зворотно-поступальний рух над комірками бункера, рівномірно розсипаючи вхідний матеріал. До другої групи - системи завантаження по точкам, коли завантажувальний пристрій зупиняється над кожної коміркою, засипаючи її до верхнього контрольованого рівня, і змінює напрям свого руху у кінці і на початку (завантаження виконується тільки у прямому напрямку). До третьої групи - пошукові системи завантаження, у відповідності до яких завантажувальний візок переміщується до попередньо визначеної незаповненої комірки. У таких системах завантаження тривалість циклу є змінною величиною, границі інтервалу змінення якої визначаються необхідним часом завантаження найбільш віддалених комірок багатосекційної ємності.

Авторами [1] робиться висновок, що пошукові системи завантаження за якістю знаходяться дещо вище за інші системи. Найбільші переваги пошукових систем автоматички полягають у гнучкості їх електричних схем і у кращих можливостях пристосування до різних програм завантаження. Проте в ході своїх міркувань [1] не враховується час реверсу розвантажувального пристрою (автостели), а також робиться припущення, що продуктивність вхідного потоку сипкого матеріалу є сталою величиною.

Проте до завдання керування завантажувальними виникають не тільки у зв'язку із необхідністю забезпечення безперебійного живлення наступних технологічних ліній переробки, а й усереднення якісного складу руди в секціях [2]. Тому при завантаженні багатосекційних ємностей, котрі живлять декілька технологічних ліній виникає завдання сортування вхідного потоку руди для забезпечення заданих показників на виході кожної секції багатосекційної ємності.

#### **Формулювання цілей статті**

У розглянутих системах завантаження багатосекційних ємностей основна увага приділяється керуванню продуктивністю потоків сипких матеріалів, котрі надходять до секцій і недостатньо, на нашу думку, приділяється увага керуванню якісним складом потоків сипкого матеріалу, зокрема, вмістом корисного компоненту.

Проте на сьогодні дана проблема може бути розв'язана за допомогою сучасних розробок у галузі автоматики та комп'ютерної техніки.

Метою даного дослідження є розробка і дослідження нечіткої системи аналізу варіантів і прийняття рішень про черговість завантаження секцій багатосекційної ємності за наявності декількох критеріїв завантаження, котра б враховувала динаміку змінення параметрів секцій в процесі прийняття рішень.

#### Основна частина

Для дослідження можливості використання нечіткої системи прийняття рішень, запропонованої у [3] для керування процесом завантаження багатосекційних ємностей було розроблено її імітаційну модель. При цьому було враховано таку особливість технологічного процесу, як змінення параметрів (обсягу руди, вмісту корисного компоненту тощо) варіантів з плином часу. Для цього до системи керування було введено підсистему для перерахунку матриць відношень секцій та визначення оновлених функцій приналежності за кожним критерієм. Було прийнято, що продуктивність вхідного потоку, котрий надходить до автостели, продуктивність вихідних потоків, котрі вивантажуються із секції, а також коливання вмісту корисного компоненту у вхідному потоці руди є випадковими величинами із нормальним законом розподілу, що частково відповідає умовам залізорудних комбінатів Криворіжжя [4].

В даній системі було враховано три критерії: обсяг руди у секціях, подібність якісних характеристик руди у вхідному потоці та вже завантаженої до секції, відстань між автостелою і секціями. Відповідно до системи керування вводилися наступні інформаційні сигнали із відомостям про кожну секцію багатосекційної ємності: відстань від автостели до секції, обсяг руди у секції, різниця між середнім вмістом корисного компоненту у секції та вмістом корисного компоненту у вхідному потоці руди. Для урахування важливості критеріїв значення функції приналежності за кожним із них перерахувалося відповідно до коефіцієнту важливості критерію. Коефіцієнти було розраховано із використанням методики, аналогічної тієї, котра застосовувалося до процедури вибору секції. Коефіцієнт важливості критерію обсягу руди у секціях бункеру згідно розрахунків дорівнював 0,9846; коефіцієнт важливості критерію відстані до секцій - 0,1578; коефіцієнт важливості подібності якісних

характеристик руди - 0,0759. На основі отриманої інформації система керування визначала секцію для завантаження на наступному кроці.

Імітаційна модель секції багатосекційної ємності здійснювала розрахунок: відстані від автостели до даної секції, обсягу руди у секції, середнього вмісту корисного компоненту у руді даної секції. Поточне значення обсягу руди визначалося на основі рівняння матеріального балансу [5]; значення вмісту корисного компоненту реалізовано на основі моделі ідеального перемішування [6].

Підсистема визначення секції для завантаження на наступному кроці розроблено на основі відомої методики [3]. Для визначення функції приналежності секції за кожним  $i$ -м критерієм будувалася матриця  $A_i$  відношень рангів секцій. Всі елементи матриці  $A_i$  можуть бути розраховані за одним із рядків матриці. Тому, для побудови моделі визначався лише один рядок матриці, а інші елементи визначалися відповідно до опорного рядка. В даному випадку в якості опорної секції було взято секцію номер 1, як це видно на рис. 1.

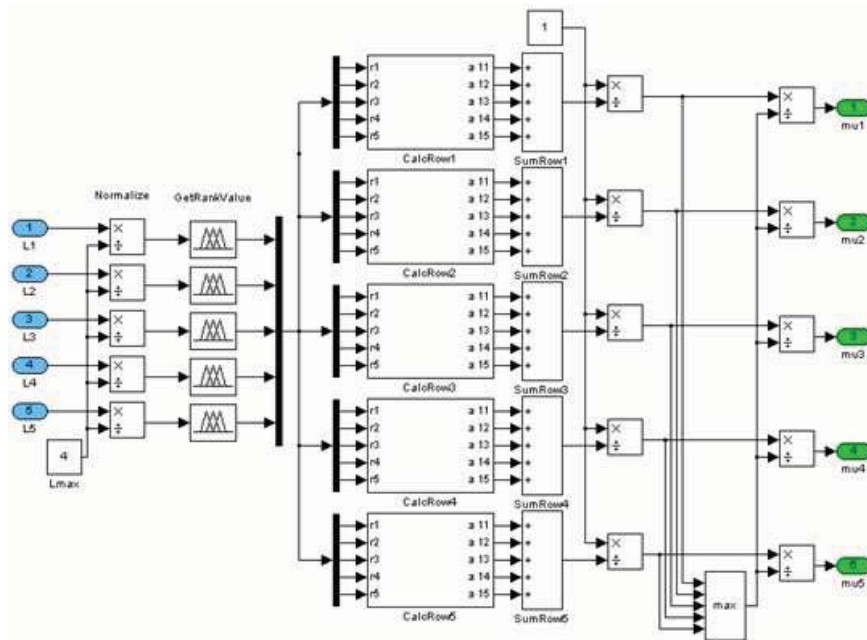


Рисунок 1 - Модель підсистеми обчислення функції приналежності

Значення кожного вхідного параметру, рис. 1, нормувалося і подавалося на вхід нечіткого контролера, котрий визначав ранг секції за шкалою Сааті [7]. Нечітка система визначення рангів секції мала один вхід та один вихід. Узагальнено принцип функціонування

даної системи можна визначити правилом: чим більше значення параметру даного варіанту, тим меншим є його ранг. Це правило пояснюється існуванням зворотної залежності між параметрами системи, що розглядаються, та їхніми рангами. Наприклад, чим більша відстань до автостели, тим пріоритет секції менший, оскільки необхідно більше витрат електроенергії на переміщення автостели до даної секції; чим більший обсяг руди у секції, тим менший її пріоритет, оскільки запасу вистачить на більший проміжок часу тощо. На виході нечіткого контролера отримали значення елементів першої строки матриці. Далі розраховуємо [3] інші рядки матриці та функції приналежності. За допомогою розрахованих функціями приналежності визначалася секція, котра найкраще задовольняє всім критеріям із урахуванням їх важливості.

Для дослідження впливу кожного критерію на результати роботи системи завантаження моделювання проводилося при змінненні коефіцієнтів важливості кожного із критеріїв. Відповідно до кількості критеріїв, процес було розділено на три етапи, протягом котрих змінювався коефіцієнт важливості одного критерію, а інші коефіцієнти закріплювалися у межах їх середніх значень. В даному випадку коефіцієнти важливості змінювалися в наступних межах: за критерієм обсягу руди - 0,80; 0,85; 0,90; 0,95; 1,00; за критерієм відстані до секцій - 0,05; 0,10; 0,15; 0,20; 0,25; за критерієм подібності якісних характеристик - 0,01; 0,05; 0,10; 0,15; 0,20.

При зростанні коефіцієнту важливості критерію обсягу руди спостерігалось зменшення амплітуди коливань обсягу руди у секціях багатосекційної ємності. Найменшу амплітуду коливань було отримано за максимального значення коефіцієнту важливості даного критерію, як це видно на рис. 2 (зліва).

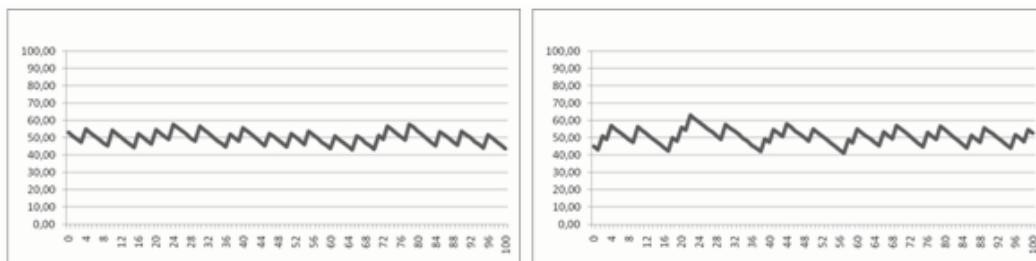


Рисунок 2 - Коливання обсягу руди у секції при збільшенні (зліва) і зменшенні (справа) відносної важливості критерію обсягу руди

При зростанні коефіцієнту важливості критерію подібності якісних характеристик за незмінного коефіцієнту важливості

критерію обсягу руди відбувалося істотне збільшення амплітуди коливань. Найбільшу амплітуду було отримано при значенні коефіцієнту 0,15, як це видно на рис. 2 (справа). При цьому критерій відстані до автостели значного впливу на змінення даного параметру не чинив.

Найкращий маршрут автостели, котрий характеризується переміщеннями автостели в процесі завантаження переважно між суміжними секціями, було отримано за максимального значення коефіцієнту важливості даного критерію - 0,2, як це видно на рис. 3 (зліва).

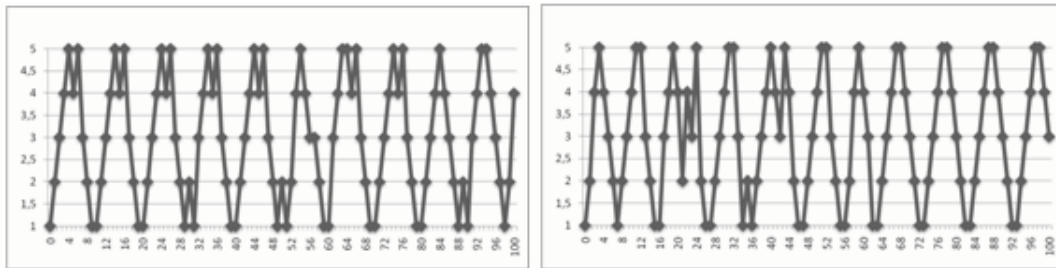


Рисунок 3 - Маршрути автостели при збільшенні (зліва) і зменшенні (справа) відносної важливості критерію відстані до секції

В даному випадку кількість секцій, що минаються автостелою без завантаження є мінімальною з усіх варіантів, котрі моделювалися. Зменшення коефіцієнту важливості погіршує маршрут, як це видно на рис. 3 (справа) – кількість переміщень без завантаження зростає.

Стабільність якісних показників потоку руди, котрий надходить до збагачувального обладнання, за думкою багатьох фахівців, можна вважати одним із найважливіших факторів ефективності процесів рудозбагачувальної технології. Як це видно на рис. 4 (зліва), збільшення коефіцієнту важливості даного критерію призводить до певної стабілізації вмісту корисного компоненту у вихідному потоці руди секції багатосекційної ємності.

При зменшенні відносної важливості даного критерію коливання вмісту корисного компоненту у вихідному потоці руди секції зростають, як це видно на рис. 4 (справа).

#### Висновки і перспективи подальших досліджень

Отже, результати дослідження роботи імітаційної моделі системи керування завантаженням багатосекційних ємностей говорить про те, що використання методів нечіткого аналізу

багатокритеріальних варіантів при побудові системи керування є доцільним. Для удосконалення системи керування необхідно провести дослідження можливості розрахунку оптимального обсягу порції матеріалу для завантаження на кожному окремому кроці роботи даної системи.

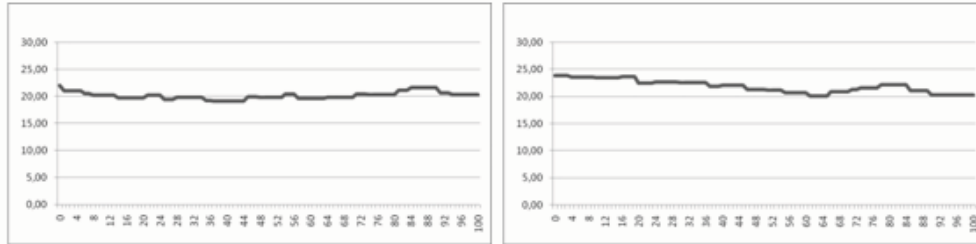


Рисунок 4 - Коливання вмісту корисного компоненту на виході секції при збільшенні (зліва) і зменшенні (справа) відносної важливості критерію подібності якісних характеристик

### ЛІТЕРАТУРА

1. Троп А. Е., Шустов Г. И. Анализ систем автоматической загрузки бункеров на обогатительных фабриках // Труды Свердловского Ордена Красного Знамени горного института им. В. В. Вахрушева. Автоматизация технологических процессов на обогатительных фабриках. – 1970. – Вып. 68. – С. 78-84.
2. Казаков Е. Ю., Панич Ю. В. Синтез оптимального дискретного алгоритма управления передвижным устройством многосекционной емкости // Известия вузов. Горный журнал. – 1983. - №3. – С. 98-106.
3. Ротштейн А.П. "Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети." - Винница: УНИВЕРСУМ-Винница, 1999. - 320 с.
4. Пурин В. П. Исследование и выбор рациональной технологии усреднения руд на горнообогатительных комбинатах: Дис. ... канд. техн. наук: 05.13.03; Кривой Рог, 1978. -157 с.
5. Хорольский В. П., Хорольский Д. В., Бабец Е. К. Типовые автоматизированные системы управления загрузкой бункеров обогатительной фабрики // Геотехнічна механіка. – Вип. 64. – Дніпропетровськ, 2006. – С. 84-90.
6. Шупов Л. П. Математические модели усреднения. – М.: Недра, 1978. – 287 с.
7. Саати Т. Л. Взаимодействие в иерархических системах // Техническая кибернетика. -1979. - №1. – С. 68-84.