

**РОЗРОБКА ФАЗЗИ-МОДЕЛІ ДЛЯ ОЦІНКИ ВПЛИВУ
ФАКТОРІВ ПРОЦЕСУ НА ВЛАСТИВОСТІ
САМОВІДНОВЛЕНИХ ОКАТИШІВ**

Анотація. Робота присвячена дослідженню та розробці фаззи-моделі для оцінки впливу факторів процесу на властивості самовідновлених окатишів.

В результаті розробки та дослідження фаззи-моделі для оцінки впливу факторів процесу на властивості самовідновлених окатишів є можливість зробити висновок, що процес нечіткого моделювання передбачає аналіз результатів нечіткого виводу при різних значеннях вхідних змінних з метою встановлення адекватності розробленої нечіткої моделі.

Ключові слова: Розробка, алгоритм, функція приналежності, фаззіфікація, дефаззіфікація, нечіткий висновок.

Основна частина

Металургійне виробництво є важливою частиною індустріального комплексу будь-якого промислово розвиненої держави.

Технологічне оформлення металургійних процесів надзвичайно різноманітне і вимагає впровадження автоматизованих систем управління.

Процеси металургійного виробництва є, як правило, складними, що безпосередньо впливає на якість побудови моделей даних процесів.

Технологічні процеси металургійного виробництва характеризуються великим числом входів-виходів і елементів, зв'язку між елементами носять різнотипний, нелінійний характер. Частина інформації про систему представлена в якісному вигляді. Функціонування системи відбувається в умовах нечіткості і невизначеності, яку вносить людський фактор. У цьому випадку, як правило, отримання закону розподілу параметрів, які впливають на систему, стає важкою, часто нерозв'язною за обмежений час завданням. Застосування точних кількісних методів і підходів не дозволяють будувати моделі таких систем в умовах обмеженості тимчасових, матеріальних і трудо-

вих ресурсів (возможностний підхід до аналізу інформації виявляється більш зручним і природним за своєю природою, ніж імовірнісний). Спектр таких завдань постійно розширяється: це управління виробничими системами, розпізнавання сигналів і образів, класифікація та багато інших.

Тому в останні роки спостерігається підвищення наукового і практичного інтересу до методів інтелектуальної обробки інформації. До них відносяться: штучні нейронні мережі, гібридні нейронні мережі, моделі на основі нечіткої логіки.

Останнім часом для моделювання технологічних процесів металургійного виробництва (сталеплавильне, агломераційне, феросплавну виробництво), які є складними для вивчення, широко поширений нечіткий підхід.

Нечітке моделювання не є альтернативою різним підходам до моделювання складних систем і процесів, а перш за все являє ефективні методи і засоби для їх вивчення в наступних основних сферах застосування.

Вперше виробництво вуглецевмісних самовідновлених окатишів було здійснено на дослідній фабриці огрудкування Центрального гірничо-збагачувального комбінату. Вироблені окатиші були використані для виплавки чавуну на Костянтинівському металургійному заводі.

Самовідновлені окатиші характеризуються наступними показниками якості: основність 0,26-0,32; зміст $Fe_{об}$ 62,5-63,3%; FeO - 28,8-31,3%; $Fe_{мет}$ - 2,3%; зміст дрібниці - 3,0%; індекс на удар 73,1 - 80,04%; на стирання 10,8%; вміст залишкового вуглецю - 1,1% [1].

Для вироблених в даний час окислених окатишів характерний цілий ряд недоліків, які роблять їх неконкурентно здатними з агломератом: низька основність, сегрегація при завантаженні в доменну піч, порівняно низькі властивості при відновленні в нижній частині доменної печі, пов'язані з усадкою і низьку газопроникність шару.

Всі розроблені до теперішнього часу технології отримання вуглець матеріалів включали випал рудовугільних брикетів або окатишів в нейтральній або відновлювальній атмосфері. Стосовно до типових конвеєрним випалювальних машин це пов'язано з втратою продуктивності. Жодна з них не набула поширення. Пошук шляхів поліпшення якості залізородних окатишів привів до технічного рішення

ня виробництва в промислових умовах самовідновлюються матеріалів, використання яких в доменній плавці знижує витрату коксу і підвищує продуктивність доменної печі [1-2].

Об'єктом роботи є впливу факторів процесу на властивості самовідновлених окатишів.

Предметом роботи є фаззи-моделі для оцінки впливу факторів процесу на властивості самовідновлених окатишів.

Метою роботи є дослідження та розробка фаззи-моделі для оцінки впливу факторів процесу на властивості самовідновлених окатишів.

Розробка фаззи-моделі для оцінки впливу факторів процесу на властивості самовідновлених окатишів

Для реалізації системи вводу-виводу в нечіткому контролері використано алгоритм Мамдані [3].

При реалізації систем нечіткого виводу використані методи:

- метод мінімального значення логічної кон'юнкції;
- метод максимального значення логічної диз'юнкції в умовах нечітких правил;
- метод мінімального значення укладення в кожному з нечітких правил;
- метод максимального значення для агрегування значень функції приналежності кожної з вихідних змінних для укладення нечітких правил;
- метод центру тяжіння для дискретної множини значень функцій приналежності для виконання дефаззифікації вихідних змінних в системі нечіткого виведення типу Мамдані.

Як терм-множин вхідних лінгвістичних змінних (ЛЗ_i) використовуються множини: T₁, T₂, T₃, T₄, T₅, T₆, T₇.

ЛЗ₁: T₁ для вхідної змінної «Температура, °С» має вигляд T₁ = {low; medium; high}. Проводиться оцінка по 1100 бальною порядковою шкалою, при якій значення 500 відповідає мала оцінка температури, а значенням 1100 - велика оцінка;

ЛЗ₂: T₂ для вхідної змінної «Fe_{общ}, %» має вигляд T₂ = {low; medium; high}. Проводиться оцінка по 100 бальною порядковою шкалою, при якій значення 0 відповідає мала оцінка, а значенням 100 - велика оцінка;

ЛЗ₃: Т₃ для вхідної змінної «FeO, %» має вигляд Т₃ = {low; medium; high}. Проводиться оцінка по 100 бальною порядковою шкалою, при якій значення 0 відповідає мала оцінка, а значенням 100 - велика оцінка;

ЛЗ₄: Т₄ для вхідної змінної «Fe₂O, %» має вигляд Т₄ = {low; medium; high}. Проводиться оцінка по 100 бальною порядковою шкалою, при якій значення 0 відповідає мала оцінка, а значенням 100 - велика оцінка;

ЛЗ₅: Т₅ для вхідної змінної «CaO: SiO₂, %» має вигляд Т₅ = {low; medium; high}. Проводиться оцінка по 100 бальною порядковою шкалою, при якій значення 0 відповідає мала оцінка, а значенням 100 - велика оцінка;

ЛЗ₆: Т₆ для вхідної змінної «MgO, %» має вигляд Т₆ = {low; medium; high}. Проводиться оцінка по 1 бальною порядковою шкалою, при якій значення 0 відповідає мала оцінка, а значенням 1 - велика оцінка;

ЛЗ₇: Т₇ для вхідної змінної «C, %» має вигляд Т₇ = {low; medium; high}. Проводиться оцінка по 10 бальній порядковою шкалою, при якій значення 0 відповідає мала оцінка, а значенням 10 - велика оцінка.

Як терм-множин вихідних лінгвістичних змінних (ЛЗ_i) використовуються множини: P₁, P₂, P₃, P₄, P₅.

ЛЗ₁: P₁ для вхідної змінної «Ступінь відновлення - Recovery rate, %» має вигляд P₁ = {low; medium; high}. Проводиться оцінка по 100 бальною порядковою шкалою, при якій значення 0 відповідає мала оцінка, а значенням 100 - велика оцінка;

ЛЗ₂: P₂ для вхідної змінної «Міцність СВО - Toughness, кг/ок» має вигляд P₂ = {low; medium; high}. Проводиться оцінка по 100 бальною порядковою шкалою, при якій значення 0 відповідає мала оцінка, а значенням 100 - велика оцінка;

ЛЗ₃: P₃ для вхідної змінної «Розмір гранули - Granule size, мм» має вигляд P₃ = {low (5-10); medium_low (10-20); medium_high (15-20); high (20-40)}.

ЛЗ₄: P₄ для вхідної змінної «Стираність - Abrasion, %» має вигляд P₄ = {low; medium; high}. Проводиться оцінка по 100 бальною порядковою шкалою, при якій значення 0 відповідає мала оцінка, а значенням 100 - велика оцінка;

ЛЗ₅: P₅ для вхідної змінної «Ступінь металізації - The degree of metallization, %» має вигляд P₅ = {low; medium; high}. Проводиться оцінка по 100 бальною порядковою шкалою, при якій значення 0 відповідає мала оцінка, а значенням 100 - велика оцінка;

Для отримання вихідного сигналу використані:

- Метод центру тяжіння – «Centroid»;

$$\int_{Min}^u \mu(x)dx = \int_u^{Max} \mu(x)dx. \quad (1)$$

- Метод найбільшого (правого) модального значення – «Lom»;

$$y = \max\{x_m\}. \quad (2)$$

- Метод найбільшого (лівого) модального значення – «Som»;

$$y = \min\{x_m\}. \quad (3)$$

Метод середнього максимуму, як середнє арифметичне лівого та правого модальних значень – «Mom» [4].

Графічний інтерфейс програми перегляду правил зображений на рисунках 1- 3.

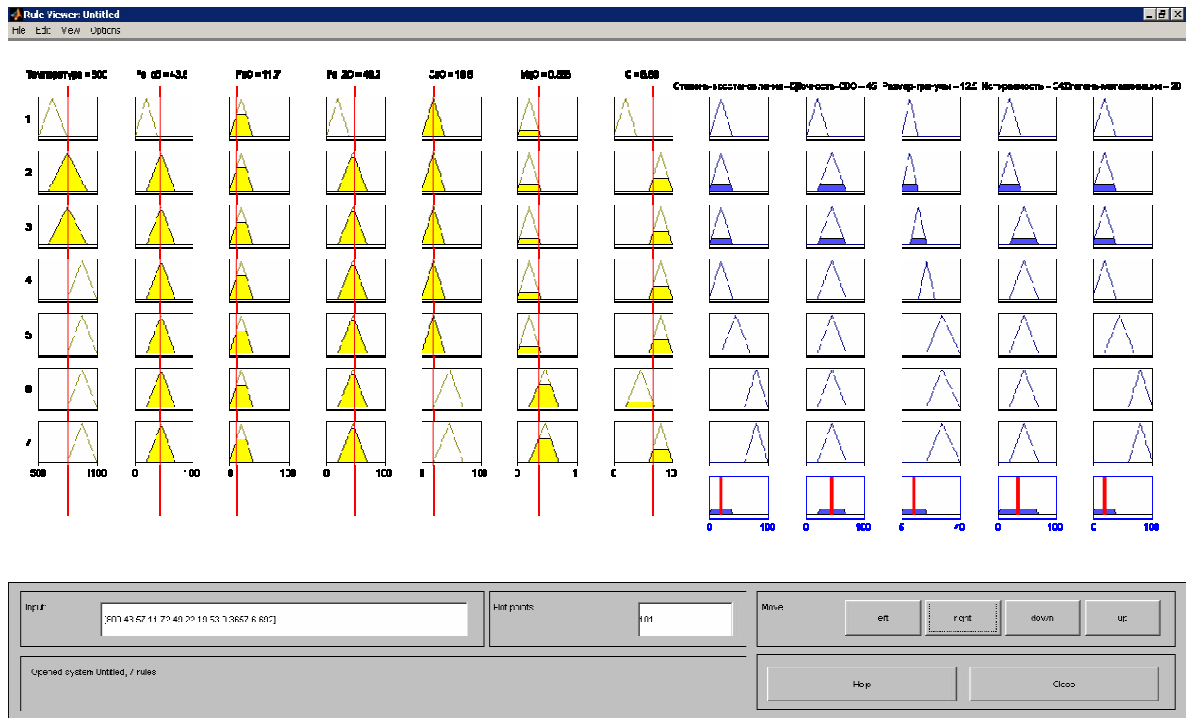


Рисунок 1 – Вид перегляду програми правил нечіткого виводу.
Метод дефазифікації – «Centroid»

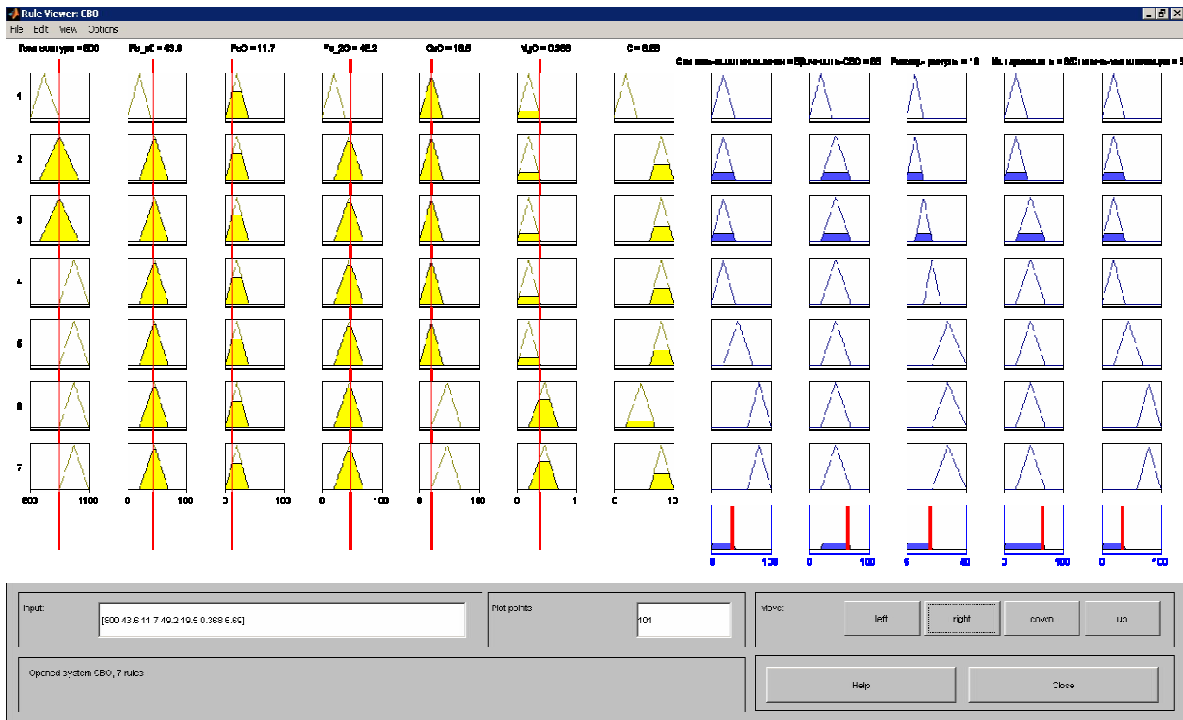


Рисунок 2 - Вид перегляду програми правил нечіткого виводу.

Метод дефаззифікації – «Lom»

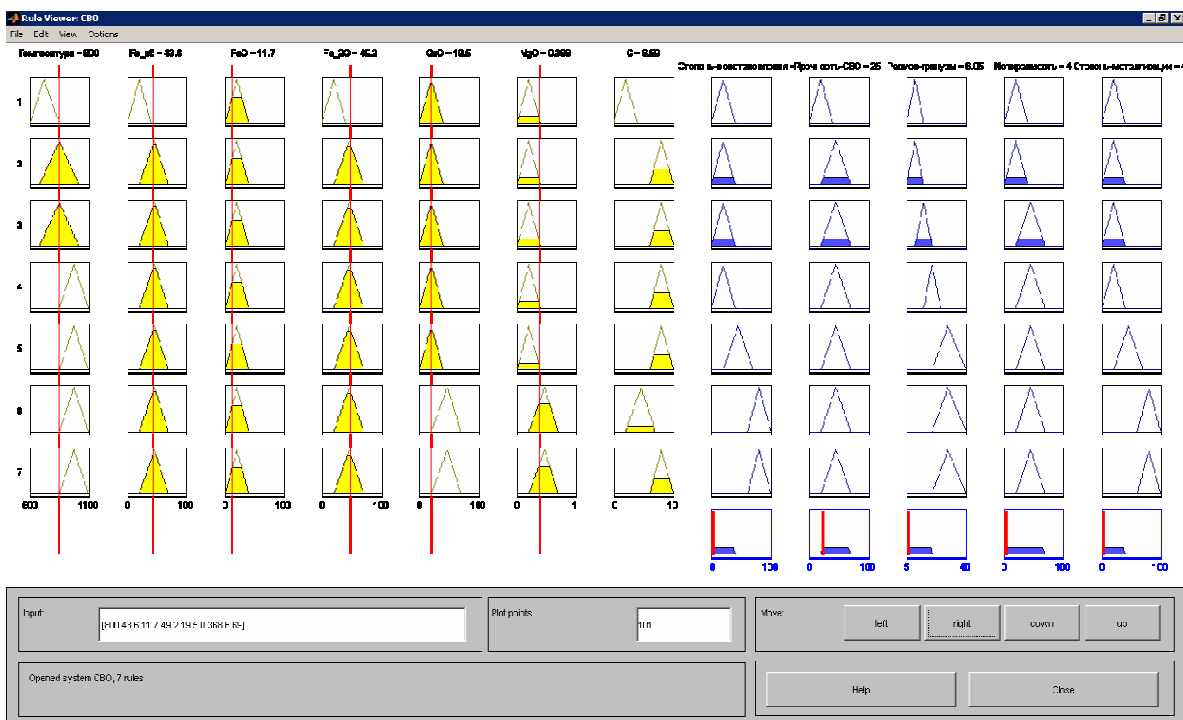


Рисунок 3 - Вид перегляду програми правил нечіткого виводу.

Метод дефаззифікації – «Som»

В таблиці 1 представлені порівняльні результати роботи нечіткого моделювання логічного висновку Mamdani [4, 5], за методами:

- Метод центру тяжіння – «Centroid»;
- Метод найбільшого (правого) модального значення – «Lom»;
- Метод найбільшого (лівого) модального значення – «Som»;
- Метод середнього максимуму, як середнє арифметичне лівого та правого модальних значень – «Mom».

Таблиця 1

Порівняльна таблиця результатів нечіткого моделювання

| Вхідні та вихідні параметри нечіткої моделі | Нечіткий логічний висновок Mamdani | | | |
|---|------------------------------------|-------|-------|-------|
| | «Centroid» | «Lom» | «Som» | «Mom» |
| Температура, % | 800 | 800 | 800 | 800 |
| Fe _{об} , % | 43.6 | 43.6 | 43.6 | 43.6 |
| FeO, % | 11.7 | 11.7 | 11.7 | 11.7 |
| Fe ₂ O, % | 49.2 | 49.2 | 49.2 | 49.2 |
| CaO, % | 19.5 | 19.5 | 19.5 | 19.5 |
| MgO, % | 0.368 | 0.368 | 0.368 | 0.368 |
| C, % | 6.69 | 6.69 | 6.69 | 6.69 |
| Ступінь відновлення, % | 20 | 38 | 4 | 21 |
| Міцність СВО, кг/ок | 45 | 65 | 25 | 45 |
| Розмір гранули, мм | 12.5 | 19 | 6.05 | 10 |
| Стиранність, % | 34 | 65 | 4 | 34.5 |
| Ступінь металізації, % | 20 | 36 | 4 | 20 |

На рисунку 4 представлено гістограму залежності вихідних параметрів отриманих в результаті нечіткого моделювання методами «Centroid», «Lom», «Som», «Mom» та результатів промислового експерименту, який був проведений на Північному гірничо-збагачувальному комбінаті на обпалювальній машині ОК-278, згідно ГОСТ 19575-84 та ГОСТ 21707-76 при температурі 650-900 °С, Fe_{об} 43.1%, FeO 10%, Fe₂O 50.5%, CaO 17,3%, MgO 0,58%, C 8.7%, Ступінь відновлення складала 30-35%, Міцність СВО 55 кг/ок, Розмір гранули 10-20 мм, Стиранність 10-13%, Ступінь металізації 19-35%.

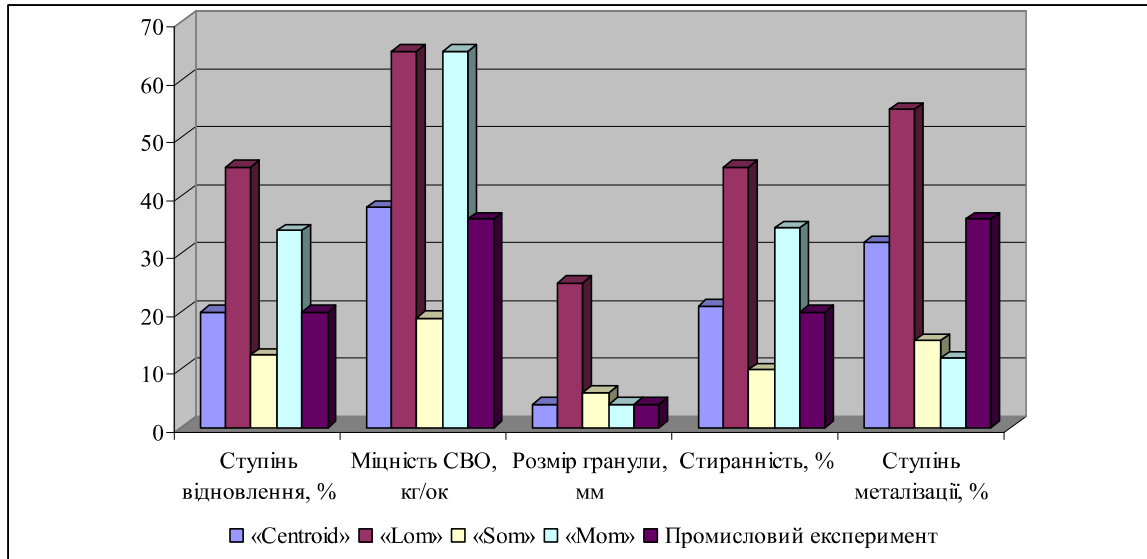


Рисунок 4 - Гістограма залежності вихідних параметрів отриманих в результаті нечіткого моделювання методами «Centroid», «Lom», «Som», «Mom» та результатів промислового експерименту

Висновки

В результаті нечіткого моделювання методами «Centroid», «Lom», «Som», «Mom» алгоритма Мамдані та результатів промислового експерименту, який був проведений на Північному гірничо-збагачувальному комбінаті на обпалювальній машині ОК-278, згідно ГОСТ 19575-84 та ГОСТ 21707-76 при температурі 650-900 °С, Feоб 43.1%, FeO 10%, Fe₂O 50.5%, CaO 17,3%, MgO 0,58%, С 8.7%, Ступінь відновлення склала 30-35%, Міцність СВО 55 кг/ок, Розмір гранули 10-20 мм, Стиранність 10-13%, Ступінь металізації 19-35%, що підтверджує адекватність розробленої фаззи-моделі.

В результаті розробки та дослідження фаззи-моделі для оцінки впливу факторів процесу на властивості самовідновлених окатишів є можливість зробити висновок, що процес нечіткого моделювання передбачає аналіз результатів нечіткого виводу при різних значеннях вхідних змінних з метою встановлення адекватності розробленої нечіткої моделі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Д.А. Ковалев, Н.Д. Ванюкова Разработка новой технологии получения самовосстанавливающихся окатышей. - Тезисы докладов. - ЛИТБЕ-2011.
2. Некрасов З.И., Нижегородов Б.А., Маймур Б.К. Исследование процессов восстановления железорудных брикетов горячего прессования комбинированным восстановлением // Физикохимия прямого получения железа / Под ред. С.Т. Ростовцева. – М.: Наука, 1977. – С. 37–41.
3. Круглов В. В., Дли М. И., Голунов Р. Ю. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети. – М.: Физматлит, 2001. – 224 с.
4. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и FuzzyTECH. – БХВ: Санкт - Петербург, 2003. – 716 с.
5. Новікова К.Ю. Математичне моделювання процесів металургійного виробництва з використанням методів нечіткого виводу: Дис. ... канд. технол. наук. Дніпропетровськ. 2008. - 142 с.