УДК 658.012.011.56:658.512

Н.В.ВАСИЛЬЕВА, *канд. техн. наук, ассистент, asutp_spmi@mail.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург
Э.Д.КАДЫРОВ, *канд. техн. наук, asutp_spmi@mail.ru*
ЗАО «Компания СЗМА», Санкт-Петербург

N.V.VASILEVA, *PhD in eng. sc., assistant lecturer, asutp_spmi@mail.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg
E.D.KADYROV, *PhD in eng. sc, asutp_spmi@mail.ru*
«SZMA Company», Saint Peterburg

ПОСТРОЕНИЕ ФУНКЦИЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ДАННЫХ

Предложена методика формирования функций принадлежности параметров технологического процесса на основе нечеткой кластеризации производственных данных. Показаны преимущества ее использования.

Ключевые слова: нечеткая логика, функция принадлежности, кластеризация данных.

MEMBERSHIP FUNCTION OF PROCESS PARAMETERS FORMATION BASED ON FUZZY CLUSTERING OF PRODUCTION DATA

Proposed a membership functions of process parameters forming method based on fuzzy clustering of production data. shows advantages of its use.

Key words: fuzzy-logic, membership function, data clustering.

Введение. Функции принадлежности традиционно строят по экспертной информации. Методом статистической обработки экспертной информации [1, 3, 5, 6] строят функции принадлежности, которые усредняют мнения коллектива специалистов относительно распределения элементов по множествам. Методами парных сравнений [6] функции принадлежности строят на основе мнений одного эксперта, который указывает преимущество одного элемента над другим. Ограничением этих методов является использование субъективной информации и некоторых допущений при преобразовании ее в степени принадлежности нечетких множеств.

Иной подход к построению функций принадлежности базируется на параметрической идентификации нечетких моделей по экспериментальным данным входы – выходы. При такой идентификации оптимизируют параметры функций принадлежности с целью минимизации отклонения между экспериментальными данными и результатами нечеткого моделирования. Использование такого оптимизационного подхода снимает субъективизм построения функций принадлежности, однако взамен требует обучающей выборки и нечеткой модели входы – выходы.

Постановка задачи исследования. Построение функций принадлежности параметров технологического процесса на основе нечеткой кластеризации производственных данных рассмотрим на примере построения функций принадлежности па-

Основные параметры процесса Ванюкова

Показатели	Входные переменные					Выходные переменные
	Расход шихты, т/ч	Расход кислорода, $м^3/ч$	Расход воздуха, $м^3/ч$	Расход КВС, $м^3/ч$	Содержание кислорода в КВС, %	Содержание меди в штейне, %
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	y
Минимальное значение	27,37	12638	1292	19028	51,66	46,1
Максимальное значение	198,46	31339	13821	33402	95,86	67,5
Среднее значение	112,34	22513	5597	28110	79,60	57,9
Дисперсия	1379	17921654	7603566	4725403	117,26	9,55
Среднее квадратическое отклонение	37,14	4233	2757	2174	10,83	3,09

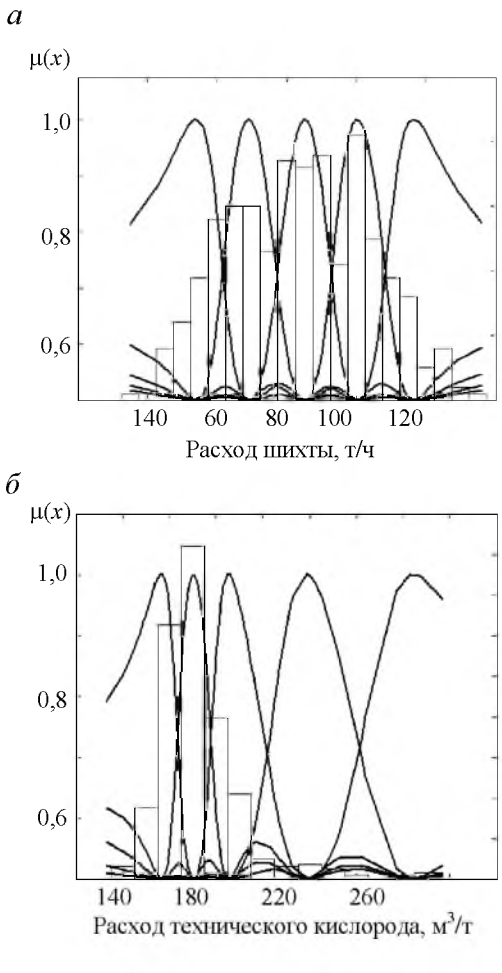
раметров процесса Ванюкова по методу нечетких с-средних.

Факторное пространство процесса Ванюкова ограничено пятью переменными (см.таблицу) из-за технической трудности поиска режимов ведения технологического процесса с требуемыми наборами значений переменных. Согласно предварительным исследованиям [2, 4, 5] наибольшее влияние на содержание меди в штейне оказывают следующие факторы: расход шихты, т/ч; расход технического кислорода, $м^3/ч$; расход воздуха, $м^3/ч$; общий расход КВС, $м^3/ч$; содержание кислорода в кислородно-воздушной смеси (КВС), %.

Таким образом, необходимо увязать влияющие на содержание меди в штейне факторы с лингвистическими оценками содержания меди в штейне. Для построения функций принадлежности воспользуемся методом построения функций принадлежности по распределению экспериментальных данных, предложенным в [6]. Основной идеей предлагаемого метода является использование кластеризации экспериментальных данных, с помощью которой синтезируют функции принадлежности нечетких моделей.

Построение функций принадлежности. При нечеткой кластеризации каждый объект может принадлежать всем кластерам, но с разной степенью. Если объект описывается только одним признаком, тогда предлагается сопоставить нечеткий кластер нечеткому множеству. При этом функция принадлежности нечеткого кластера будет соответствовать искомой функции принадлежности нечеткого множества.

Для построения функций принадлежности параметров процесса по методу нечетких средних (FCM-алгоритм) воспользуемся пакетом Fuzzy Logic Toolbox системы MATLAB для идентификации нелинейных



Оптимальные функции принадлежности, построенные нечеткой кластеризацией экспериментальных данных расхода шихты (*а*) и расхода технического кислорода на тонну подаваемой шихты (*б*)

зависимостей с помощью нечеткого логического вывода. В пакете Fuzzy Logic Toolbox нечеткая кластеризация реализована функцией *fcm*. Результатом выполнения этой программы являются оптимальные функции принадлежности (см.рисунок). На гистограмме распределения исходных данных построены пять функций принадлежности для входных величин (расхода шихты, расхода технического кислорода, расхода воздуха, общего расход КВС и содержания кислорода в КВС). Полученные нечеткие множества для входов можно интерпретировать термами «очень малый», «малый», «средний», «большой», «очень большой» расход материала.

Целью нечеткой кластеризации является поиск таких функций принадлежности для каждого класса, которые обеспечивают кластеризацию вокруг центров каждого класса. Эта задача решается итеративно.

Изложенная методика нормирования всех переменных процесса Ванюкова делает прозрачной процедуру формирования базы правил оценки содержания меди в штейне и позволяет наметить переход от лингвистических оценок к численным. Разработка системы управления на основе сформированных функций принадлежности позволит качественно управлять содержанием меди в штейне и стабилизировать качество штейна.

Проведенные исследования подтверждают, что производственные данные служат неиссякаемым источником различных гипотез, отражающих определенные тенденции производственной практики [5].

Выводы

1. Впервые предложено использовать для формирования функций принадлежности нечеткую кластеризацию данных. Показаны преимущества ее использования.

2. Изложенная методика нормирования переменных процесса Ванюкова делает прозрачной процедуру формирования базы правил оценки содержания меди в штейне.

3. Разработка системы управления на основе сформированных функций принадлежности позволит качественно управлять содержанием меди в штейне и стабилизировать качество штейна.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Власов К.П.* Методы исследований и организация экспериментов. Харьков, 2002.

2. *Кадыров Э.Д.* Оценка технологических параметров автогенных процессов / Э.Д.Кадыров, Н.В.Данилова // Автоматизация в промышленности. № 5. 2008.

3. *Лукас В.А.* Основы фази-управления. Екатеринбург, 2000.

4. *Орешкин С.А.* Интеллектуальная мультимодельная АСУ печи Ванюкова на базе системы G2 компании GENSYM / С.А.Орешкин, В.Н.Панченко // Сб. трудов IV Междунар. конф. «Инновационные технологии автоматизации и диспетчеризации в горно-добывающих и перерабатывающих предприятий». Санкт-Петербургский горный институт. СПб, 2009.

5. *Спесивцев А.В.* Металлургический процесс как объект изучения: новые концепции, системность, практика. СПб, 2004.

6. *Штовба С.Д.* Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. М., 2007.

REFERENCES

1. *Vlasov K.P.* Research methods and organization of experiments. Charkow, 2002.

2. *Kadyrov E.D., Danilova N.V.* Evaluation of process parameters autogenous processes // Automation industry. N 5. 2008.

3. *Lucas V.A.* Fundamentals of fuzzy-control. Yekaterinburg, 2000.

4. *Oreshkin S.A., Panchenko V.N.* Intelligent multimodel AMS Vanyukov furnace based system of G2 GENSYM. Sat of the IV International Conference «Innovative technologies in the automation and control of mining and processing enterprises». Saint Peterburg, 2009.

5. *Spesivtsev A.V.* Metallurgical process as the object of study: new concepts, system, and practice. Saint Petersburg, 2004.

6. *Shtovba S.D.* Design of fuzzy systems by means of MATLAB. Moscow, 2007.