

И.И. МАЦКО, аспирант, ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Г.И. Носова",
Магнитогорск,

О.С. ЛОГУНОВА, д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВПО "МГТУ
им. Г.И. Носова", Магнитогорск,

В.В. ПАВЛОВ, ведущий инженер, ОАО "Магнитогорский
металлургический комбинат", Магнитогорск,

О.С. МАЦКО, магистр, ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Г.И. Носова",
Магнитогорск

АДАПТИВНОЕ НЕЧЕТКОЕ ДЕРЕВО ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ С ДИНАМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ НЕПРЕРЫВНОЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ¹

В работе представлены результаты построения адаптивного нечеткого дерева принятия решения с динамической структурой для автоматизированной системы управления производством непрерывнолитой заготовки. Выполнено описание структуры, математического представления, алгоритмов адаптации и динамики структуры. Ил.: 4, Табл.: 1, Библиограф.: 10 назв.

Ключевые слова: адаптивное нечеткое дерево принятия решений с динамической структурой, автоматизированная система управления производством.

Постановка проблемы и анализ литературы. В настоящее время активно развиваются системы автоматизированного принятия решений для сложных многостадийных производственных процессов [1, 2]. Сложность этих процессов требует организации каскадной схемы управления с передачей значений параметров от одного этапа производства к другому. К многостадийному производству можно отнести технологию получения непрерывнолитой заготовки, которая включает: выплавку стали, доводку стали и непрерывную разливку. Несмотря на большое количество работ в области исследования указанных технологических процессов, остаются актуальными проблемы [3]:

- наличие обратной информационной связи только с организационными структурами производства, которые не способны оказывать воздействие на технологию производства;
- отсутствие в существующей системе управления алгоритмов, позволяющих выполнить актуальный мониторинг за изменениями

¹ Научные исследования выполняются при финансовой поддержке грантов Правительства Челябинской области (2011 и 2012 гг.) и ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

технологии в течение одной серии на основе информации, собранной в едином Хранилище данных;

– отсутствие алгоритмов принятия решения на основе технологической информации о протекании процессов и качестве получаемой продукции.

Показателем стабильности проведенной серии плавок является качество получаемой продукции. Под качеством продукции в работе понимается степень развития внутренних макродефектов заготовки. Формирование макродефектов происходит за счет факторов, оказывающих воздействие на жидкий металл или затвердевающую заготовку на всех стадиях производства. Среди таких факторов можно указать структуру используемого сырья (соотношение шихтовых материалов для сталеплавильных печей), температуру металла на выходе из печи, содержание химических элементов в стали, скорость вытягивания заготовки, расходы охладителей и т.п. [4]. Построение многофакторных зависимостей для прогнозируемого качества продукции является нецелесообразным, так как они будут содержать факторы, не имеющие количественного представления; имеющие разную природу и различающиеся по диапазону значений в сотни и тысячи раз и т.п. Кроме того, увеличение размерности эмпирической модели не ведет к увеличению точности предсказания результата [5].

В настоящее время разработаны теории, методы и методики, позволяющие выполнить принятие решений в сложных процессах на основе деревьев. Преимуществами методов принятия решений на основе древовидных структур являются [6, 7]: быстрый процесс обучения; генерация правил в областях, в которых эксперту трудно формализовать свои знания; интуитивно понятная классификационная модель; стабильное функционирование метода при нарушении первоначальных предположений, включенных в модель; возможность обработки большого объема информации без специальных подготовительных процедур; высокая вычислительная масштабируемость.

Цель статьи – разработка адаптивного нечеткого дерева с динамической структурой для принятия решений в АСУ производством непрерывнолитой заготовки.

Объектом исследования является технологическая цепочка производства непрерывнолитых заготовок, которая включает электродуговые сталеплавильные печи, установки печь-ковш, машины непрерывного литья заготовок радиального и криволинейного типов, функционирующие в условиях электросталеплавильного цеха ОАО "Магнитогорский металлургический комбинат".

В качестве предмета исследования определено информационное, математическое и программное обеспечение второго уровня АСУ производством непрерывнолитых заготовок.

Структура адаптивного нечеткого дерева с динамической структурой. Для организации обратной связи в АСУ производства непрерывнолитой заготовки разработано адаптивное нечеткое дерево принятия решений с динамической структурой. Цель построения древовидной структуры состоит в определении траектории передачи управления на каждый этап производства непрерывнолитой заготовки. Учитывая, что каждый из видов дефектов может формироваться на каждом из этапов производства с разной вероятностью, было принято решение о построении нечеткого дерева принятия решений.

Атрибутами дерева являются значения метрологических параметров агрегатов в технологической цепочке. Перечень используемых параметров приведен в табл.

Таблица

Перечень атрибутов, определяющих структуру адаптивного нечеткого дерева с динамической структурой

Агрегат	Атрибут	Диапазон
Дуговая сталеплавильная печь	Содержание химических элементов в шихтовых материалах, %	Доли процента
	Содержание химических элементов в стали после выпуска, %	Доли процента
	Масса кусковых ферросплавов, кг	250 – 4500
	Масса добавочных материалов, кг	5000 – 10000
	Масса углеродсодержащего материала, кг	100 – 1500
	Масса жидкого чугуна в заливочном ковше, т	10 – 80
Установка печь-ковш	Содержание химических элементов в стали, %	Доли процента
	Температура металла после доводки, °С	1500 – 1700
	Расход аргона на продувку, м ³ /ч	0 – 72
	Масса введенной алюминиевой катанки, кг	1 – 1500
Машина непрерывного литья заготовок	Температура металла в промежуточном ковше, °С	1480 – 1600
	Скорость вытягивания заготовки, м/мин	1 – 5
	Расход воды на широких стенках кристаллизатора, м ³ /мин	4,8 – 5,5

Математическая основа адаптивного нечеткого дерева принятия решения с динамической структурой. Для построения деревьев принятия решений в работе используется широко распространенный алгоритм С4.5 [8, 9]. Основой адекватного принятия решений нечеткими деревьями являются функции принадлежности к значениям каждого атрибута. Авторами предлагается для построения функций принадлежности вышеописанных атрибутов использовать знания экспертов. На рис. 1 приведен график функции принадлежности размеров дефектов к трем значениям.

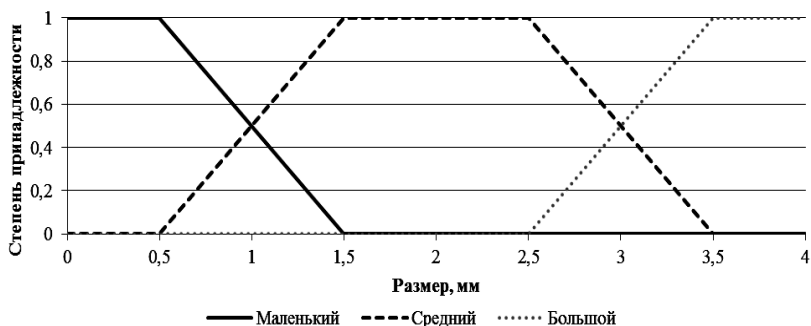


Рис. 1. Графики функций принадлежности размеров дефектов

После построения нечеткого дерева принятий решений по алгоритму С4.5 с помощью функций принадлежности и обучающих функций примеров выполняется обрезание ветвей, которые ведут к ошибочным решениям, и тестирование полученного дерева на правильность принятия решений [10]. Тестирование проводится по эталонной выборке примеров.

Алгоритмы адаптации и динамики структуры нечеткого дерева принятия решений. После каждого оценивания макроструктуры непрерывнolitых заготовок исходные данные, формирующие дерево, дополняются новой информацией, на основе которой проводится адаптация расчетных значений параметров модели дерева (рис. 2).

В связи с изменением параметров модели дерево может изменить свою структуру. После изменений дерево проходит тест на адекватность. Полученное дерево лучше адаптируется к условиям скорректированной технологии. Динамичность структуры позволяет иметь представление о реальной значимости каждого атрибута в процессе получения непрерывнolitых заготовок.



Рис. 2. Алгоритм дообучения и перестройки адаптивного нечеткого дерева принятия решений с динамической структурой

Пример возможной иерархии адаптивного нечеткого дерева принятия решений с динамической структурой приведен на рис. 3.

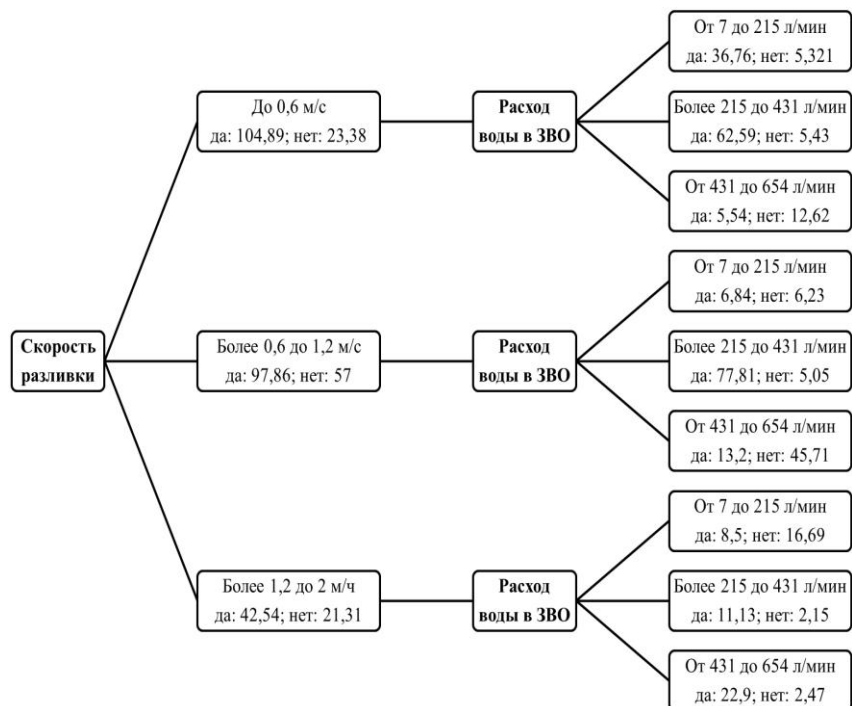


Рис. 3. Часть иерархии адаптивного нечеткого дерева принятия решения с динамической структурой

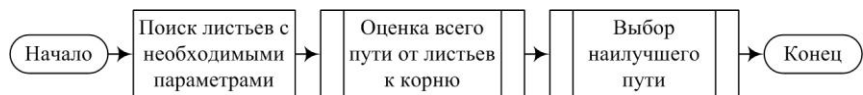


Рис. 4. Алгоритм выбора параметров в адаптивном нечетком дереве принятия решений с динамической структурой

Заключение. Таким образом, в представленной работе авторами:

- доказана необходимость организации обратной связи с АСУ производства непрерывнолитой заготовки, позволяющей корректировать технологию серийного производства в реальном времени;
- определена структура адаптивного нечеткого дерева принятия решений с динамической структурой, учитывающей состав доступного метрологического обеспечения, с помощью которого можно оказать управляющее воздействие на протекающий процесс;
- разработаны алгоритмы адаптации и динамики древовидной структуры принятия решения, позволившие выполнить программную реализацию модуля для блока-решателя каскадной системы автоматизированного управления производством непрерывнолитой заготовки.

Список литературы: 1. *Спирин Н.А.* Информационные системы в металлургии: Конспект лекций / *Н.А. Спирин, В.В. Лауров.* – Екатеринбург: Уральский государственный технический университет – УПИ, 2004. – 495 с. 2. *Бобровский Д.* Введение в теорию динамических систем с дискретным временем / *Д. Бобровский.* – СПб.: Регулярная и хаотическая динамика, 2006. – 360 с. 3. *Логунова О.С.* Системный подход к исследованию информационных потоков при управлении качеством продукции / *О.С. Логунова* // Проблемы теории и практики управления. – 2008. – № 6. – С. 56 – 63. 4. *Логунова О.С.* Исследование качественных зависимостей образования внутренних дефектов и теплового состояния непрерывнолитой заготовки / *О.С. Логунова* // Сталь. – 2008. – № 10. – С. 60 – 63. 5. *Львовский Е.Н.* Статистические методы построения эмпирических формул: Учеб. пособие для втузов / *Е.Н. Львовский.* – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1998. – 239 с. 6. *Hastie T.* The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference and Prediction / *T. Hastie, R. Tibshirani, J. Friedman.* – New York: Springer Science + Business Media, 2009. – 746 с. 7. *Шахиди А.* Деревья решений – общие принципы работы / *А. Шахиди* // Режим доступа: <http://www.basegroup.ru/library/analysis/tree/description/> 8. *Quinlan J.R.* C4.5: Programs for Machine Learning / *J.R. Quinlan* // San Mateo: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1993. – 302 с. 9. *Janikow C.Z.* Fuzzy Decision Trees: Issues and Methods / *C.Z. Janikow* – IEEE Trans Syst Man Cybern, 1998. – P. 1 – 14. 10. *Берестнева О.Г.* Построение логических моделей с использованием деревьев решений / *О.Г. Берестнева, Е.А. Муратова* // Известия Томского политехнического университета, 2004. – Т. 307. – № 2. – С. 154 – 160.

УДК 621.746.047-52

Адаптивне нечітке дерево прийняття рішень з динамічною структурою для автоматизованої системи управління виробництвом безперервнолитих заготовок / *Мацько І.І., Логунова О.С., Павлов В.В., Мацько О.С.* // Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2012. – №. 62 (968). – С. 135 – 141.

В роботі представлені результати побудови адаптивного нечіткого дерева прийняття рішення з динамічною структурою для автоматизованої системи управління виробництвом

ISSN 2079-0031 Вестник НТУ "ХПИ", 2012, № 62 (968)

безперервної заготовки. Виконано опис структури, математичного подання, алгоритмів адаптації та динаміки структури. Іл.: 4., Табл.: 1. Бібліограф.: 10 назв.

Ключові слова: адаптивне нечітке дерево прийняття рішень з динамічною структурою, автоматизована система управління виробництвом.

UDC 621.746.047-52

Adaptive fuzzy decision tree with a dynamic structure for the automated control system of the production of continuously cast billets / Matsko I.I., Logunova O.S., Pavlov V.V., Matsko O.S. // Herald of the National Technical University "KhPI". Subject issue: Information Science and Modelling. – Kharkov: NTU "KhPI". – 2012. – №. 62 (968). – P. 135 – 141.

The paper presents the results of constructing an adaptive fuzzy decision tree with a dynamic structure for the automated control system of the production of billets. Completed description of the structure, mathematical representation, algorithms for adapting and dynamics of the structure. Figs.: 4. Tabl.: 1. Refs.: 10 titles.

Keywords: adaptive fuzzy tree with a dynamic structure, decision tree, an automated production control system.

Поступила в редакцію 27.07.2012