

УДК 004.9

А.Ю. Гусев, Ю.П. Рыбальченко

ГВУЗ “Национальный горный университет”, Днепропетровск

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗА ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ

Рассмотрен подход к совершенствованию технологии оценки и прогноза теплового состояния металлургических агрегатов. Предложена методика решения задачи на основе систем нечеткого вывода с использованием генетического алгоритма для обучения нейронечеткой сети. Дана оценка эффективности разработанной методики.

Ключевые слова: металлургические агрегаты, нейронечеткая сеть, генетические алгоритмы, оценка, прогноз.

Введение

Эффективность управления металлургическими агрегатами во многом зависит от информации об их тепловом состоянии. Задача оценки и прогноза теплового состояния предполагает отслеживание характера и выявление особенностей временных рядов, описывающих процесс нагрева и охлаждения, а также теплового состояния футеровки агрегатов. Эти временные ряды имеют характерные особенности, обусловленные, прежде всего, их структурно-временной нестационарностью, что вызывает существенные трудности при обработке данных и делает практически невозможным применение известных классических методов оценки и прогноза, таких как регрессионный, фильтры Калмана-Бьюси, Колмогорова-Винера и др., поскольку эти методы не адекватны характеру протекания процессов и не позволяют достичь необходимой достоверности и точности при оценке их характеристик.

В связи с этим актуальность приобретает задача поиска и разработки эффективных методов оценки и прогноза тепловых процессов металлургических агрегатов, учитывающих их характерные особенности и позволяющих существенно повысить достоверность и точность результатов.

Постановка задачи. Поскольку тепловые процессы, как правило, представлены в форме стохастических временных рядов, характеризующихся существенной структурно-временной нестационарностью, для реализации поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- предварительная фильтрация;
- формирование модели процесса;
- оценка и прогноз характеристик процесса;
- оценка качества модели и прогноза.

Цель статьи: разработка эффективной информационной технологии оценки и прогноза теплового состояния металлургических агрегатов, адекватной характеру протекающих температурных процессов и

позволяющей повысить достоверность и точность результатов.

Изложение основного материала

Исходя из постановки задачи, рассмотрим последовательно все этапы предлагаемой методики.

Для предварительной фильтрации целесообразно использовать вейвлет-преобразование [1], обладающее возможностями как частотной, так и временной локализации и максимально точным восстановлением не только локальных особенностей, но и сигнала в целом. Кроме того вейвлет-преобразование позволяет исключить ошибку смещенности, что весьма существенно при обработке нестационарных процессов. Таким образом процесс предварительной фильтрации заключается в последовательном выполнении процедур вейвлет-преобразования, трешолдинга и обратного вейвлет-преобразования с целью получения сглаженного временного ряда.

Известно несколько подходов к реализации трешолдинга (мягкий трешолдинг, жесткий трешолдинг и др.), а также несколько способов корректировки коэффициентов разложения (глобальный, локальный, блочный). При осуществлении трешолдинга для решения задачи пороговой фильтрации предпочтением следует отдавать мягкому варианту с адаптацией (к изменению сигнала) порога [1], так как жесткое сохранение коэффициентов, превышающих значение порога, подразумевает сохранение также присутствующего в них шума.

Рассмотрим методику построения системы прогнозирования характеристик теплового процесса на примере горна доменной печи.

Структура системы прогнозирования представляет собой систему оценивания, идентификации и нейронную сеть.

Чтобы автоматически синтезировать из данных нечеткую базу знаний для модели типа Takagi-Sugeno [2] необходимо использовать два алгорит-

ма – решетчатое разбиение (grid partition) и субтрактивная кластеризация (subtractive clustering). На выходе первого алгоритма получается база знаний, содержащая все возможные правила.

В результате субтрактивной кластеризации генерируются правила, соответствующие областям наибольшей концентрации данных. Функции принадлежности входных переменных выбираются таким образом, чтобы термы равномерно распределялись внутри диапазона изменения данных. Количество правил базы знаний определяется как произведение мощностей терм-множеств входных переменных. Коэффициенты линейного полинома, который связывает входные и выходную переменные в области действия правила, назначаются равными нулю.

Полученная система нечеткого логического вывода является исходной системой для обучения посредством технологии ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System) [3], в результате которой закономерности, заложенные в данных, будут идентифицированы.

Рассмотрим синтез нечеткой модели. Обобщенная функциональная схема системы прогнозирования приведена на рис. 1.

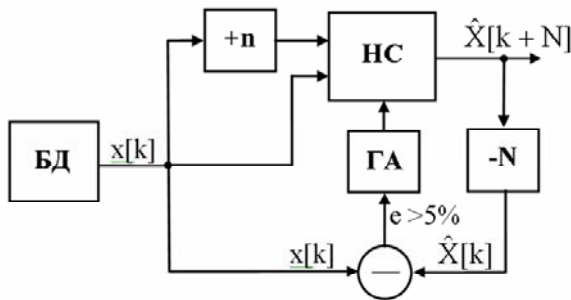


Рис. 1. Схема обучения прогнозирующей системы

На рис. 1 приняты следующие обозначения: БД – база данных температурного состояния футеровки доменной печи; НС – нейронечеткая сеть; задержка и прогноз на n тактов обозначены как (-N) и (+n). В процессе работы нейронечеткой сети на каждом такте по величине погрешности e между измеренными x[k] и прогнозируемыми X-hat[k] значениями сигнала осуществляется адаптация параметров сети при помощи генетического алгоритма (ГА) [3], который реализует процедуру переобучения нейронечеткой модели в случае, когда ошибка прогнозирования превышает заданную величину (5% – в нашем случае).

В качестве типовой функции принадлежности нечетких множеств L-R типа использовалась обобщенная колокообразная функция принадлежности, следующего вида:

$$\mu(x) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x - c}{a} \right|^{2b}}$$

Для оценки качества работы прогнозирующей системы использовались данные (рис. 2) о температуре 5-го горизонта футеровки горна доменной печи № 7 Шоагуаньского меткомбината (Китай).

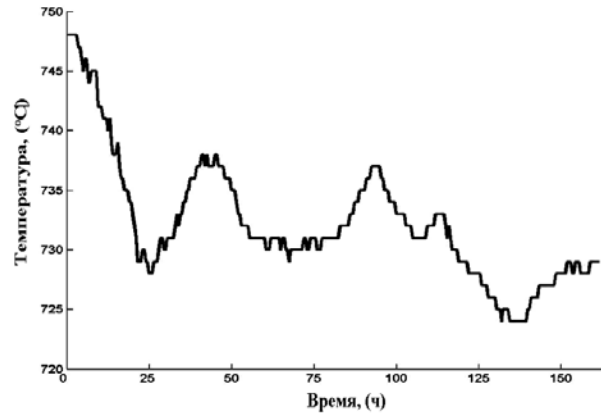


Рис. 2. Почасовые данные о температуре футеровки

Результаты прогноза на 15 часов представлены на рис. 3.

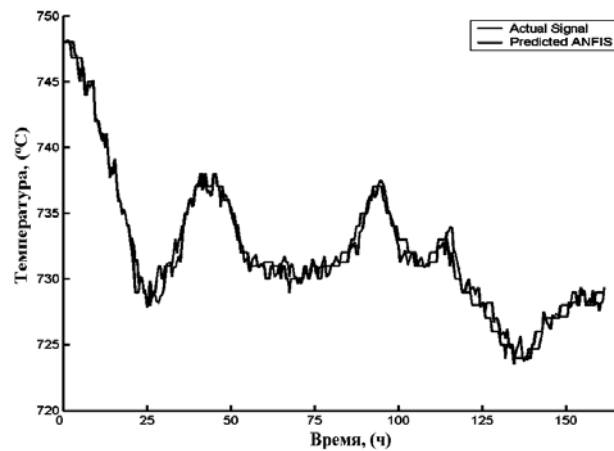


Рис. 3. Результаты прогноза на 15ч. работы доменной печи

Зависимость относительной погрешности от глубины прогноза представлена на рис. 4.

Оценивалось качество работы ГА по ошибке прогнозирования на основе сформированной при помощи ГА нейронечеткой системы (рис.5). С увеличением размера популяции начиная с 20 особей, ошибка прогнозирования остается практически неизменной (рис.5).

Поэтому размер популяции был выбран 20. Сочетание времени поиска оптимума и точности работы ГА при таком размере популяции является оптимальным.

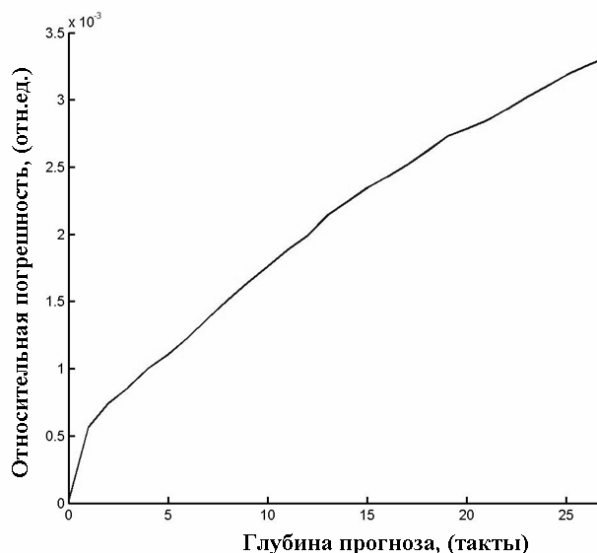


Рис. 4. Зависимость ошибки прогнозирования от глубины прогноза

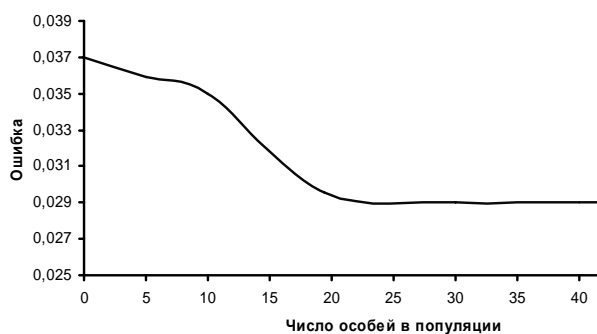


Рис. 5. Зависимость ошибки прогнозирования от размера популяции

Выводы

1. Разработана и исследована информационная технология оценки и прогноза тепловых процессов горна доменной печи, позволяющая уменьшить относительную ошибку (меньше 1% при глубине прогноза 15 часов).

2. Показано, что такая точность может быть достигнута применением системы нечеткого логического вывода, обучаемой посредством технологии ANFIS и адаптируемой к изменению характера протекания теплового процесса с помощью генетического алгоритма.

3. Разработанная технология может эффективно применяться при создании автоматизированных систем управления тепловыми процессами металлургических агрегатов.

Список литературы

1. Смоленцев Н.К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в Matlab / Н.К. Смоленцев. – М.: ДМК Пресс, 2005. – 304с.
2. Takagi T. Fuzzy identification of systems and its application to modeling and control / T. Takagi, M. Sugeno // IEEE Trans. Systems, Man and Cybernetics. – 1985. – №15(1). – P. 116 – 132.
3. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы // Перевод с польского И.Д. Рудинского – М.: Горячая линия Телеком. 2004. – 452 с.

Поступила в редколлегию 1.08.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. М.А. Алексеев, ГВУЗ “Национальный горный университет”, Днепропетровск.

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЦІНКИ І ПРОГНОЗУ ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ МЕТАЛУРГІЙНИХ АГРЕГАТІВ

О.Ю. Гусев, Ю.П. Рыбальченко

Розглянутий підхід що до вдосконалення технології оцінки і прогнозу теплового стану металургійних агрегатів. Запропонована методика рішення задачі на основі систем нечіткого виводу з використанням генетичного алгоритму для навчання нейронечіткої мережі. Дана оцінка ефективності розробленої методики.

Ключові слова: металургійні агрегати, нейронечітка мережа, генетичні алгоритми, оцінка, прогноз.

INFORMATION TECHNOLOGY ASSESSMENT AND FORECAST THERMAL PROCESSES METALLURGICAL UNITS

A.Yu. Gusiev, Yu.P. Rybalchenko

An approach to improve technology assessment and forecast of the thermal state of metallurgical plants. The technique of solving the problem based on fuzzy inference systems using a genetic algorithm for learning neuro-fuzzy network. Evaluate the effectiveness of the developed technique.

Keywords: metallurgical aggregates, neuro-fuzzy network, genetic algorithms, estimation, prediction.