

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ НЕЧЕТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО РЕГУЛЯТОРА С ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗИРОВАННОЙ БАЗОЙ ЗНАНИЙ

Спесивцев А. В.

(ЗАО «ТЕХНОЛИНК», Санкт-Петербург),
sav2050@gmail.com

Кимяев И. Т.

(ООО «ИнтелайнПро», Москва)
igor95a@mail.ru

Рассматривается информационная модель нечеткого логического регулятора (НЛР) систем автоматизированного управления (САУ), базой знаний (БЗ) которого служит формализованная экспертная информация в виде аналитического выражения. Интеллектуализированная САУ сформирована с помощью объектно-ориентированного подхода к синтезу моделей обработки данных. Информационная модель БЗ НЛР разработана для интеллектуализированной САУ управления обжигом никелевого концентрата в печи кипящего слоя.

Ключевые слова: нечеткий логический регулятор, интеллектуализация, формализация экспертной информации, полиномиальная модель, объектно-ориентированная модель.

Введение

Представление БЗ НЛР в виде системы продукционных правил существенно упрощается, если они подчинены некоторой внутренней структуре, отражающей описываемый объект управления. Такую структуру дает формализация экспертной информации в виде полиномиальной модели, сочетающая в себе приложение методов теории планирования экспериментов к обработке лингвистических переменных в многомерном факторном пространстве [2].

Целью данной статьи является рассмотрение одной из возможных архитектур информационной интеллектуализированной САУ, сформированной с помощью объектно-ориентированного подхода к синтезу моделей обработки данных.

В качестве примера рассмотрена информационная модель БЗ НЛР для интеллектуализированной САУ управления обжигом никелевого концентрата в печи КС [1].

1. Обобщенная структура интеллектуализированной САУ

Обобщенная структура интеллектуализированной САУ процессом обжига сульфидного никелевого концентрата в печи кипящего слоя (КС), в которой в качестве базы знаний НЛР выступает управляющая модель в виде полиномов, представлена на рис. 1.

Работа системы строится следующим образом. Входные сигналы, отображающие величину технологических параметров, поступают в *БЛОК ФОРМИРОВАНИЯ НЕЧЕТКИХ ЧИСЕЛ*. Блок из массивов входных технологических сигналов, приходящих с установленным интервалом времени, формирует матрицы входных лингвистических переменных (ЛП) в виде набора нечетких чисел (LR)-типа.

БЛОК ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ СИТУАЦИИ сравнивает сформированную матрицу нечетких чисел для текущего момента времени со стандартными множествами ЛП, приводит нечеткие значения X_i к стандартизованному (кодированному) виду в интервале $[-1, +1]$. Определение текущего состояния и кодирование производится с помощью блока *БЗ ЗНАЧЕНИЙ ВХОДНЫХ ЛП*. Эта БЗ содержит в формализованном виде данные о числовых значениях термов для каждой входной ЛП, полученные на основе знаний эксперта-технолога.

В *БЛОКЕ НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА* рассчитываются величины управляющих воздействий для текущего момента времени путем подстановки кодированных значений входных ЛП в

АНАЛИТИЧЕСКУЮ УПРАВЛЯЮЩЮЮ БЗ (ПОЛИНОМ).

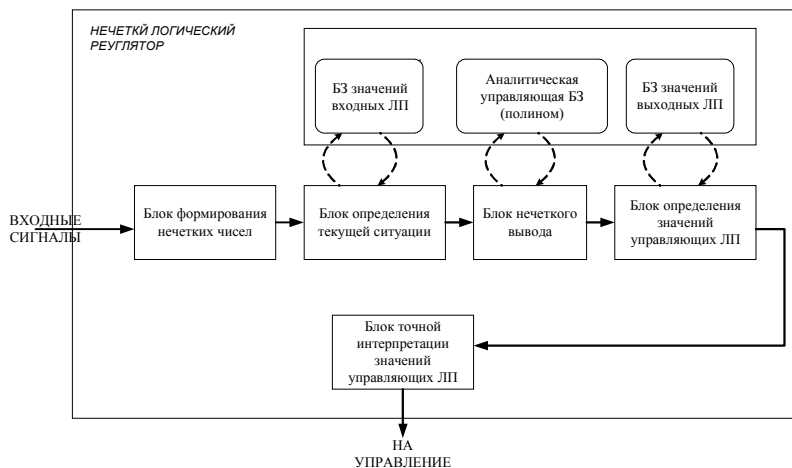


Рис. 1. Схема управления на базе нечеткого логического регулятора

Далее рассчитанная информация о величине управляющих воздействий поступает в **БЛОК ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗНАЧЕНИЙ УПРАВЛЯЮЩИХ ЛП**, который служит для установления соответствия набора сформированных нечетких чисел текущего момента времени одному из формализованных состояний технологического процесса. Определение текущего состояния производится с помощью блока **БЗ ЗНАЧЕНИЙ ВЫХОДНЫХ ЛП**. Эта БЗ содержит в формализованном виде данные о числовых значениях термов для каждой входной ЛП, полученные на основе знаний эксперта-технолога.

Заключительный этап обработки текущих параметров производится в **БЛОКЕ ТОЧНОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ЗНАЧЕНИЙ УПРАВЛЯЮЩИХ ЛП**. Этот блок содержит алгоритм дефаззификации – преобразования рассчитанных значений управляющих величин из нечеткого вида в общепринятый четкий, понятный для дальнейшей обработки низовой технологической автоматикой.

2. Объектно-ориентированная информационная модель НЛР

Необходимо отметить, что представленная на рис. 1 структура носит декларативный характер, то есть не содержит в себе детальных алгоритмических построений.

Однако при синтезе САУ на базе НЛР с БЗ в виде нечеткого полинома необходимо решить задачу создания алгоритмов последовательного взаимодействия множества подсистем обработки данных о протекании технологического процесса и выработки управляющих воздействий. Одним из наиболее эффективных и наглядных способов решения подобных задач является представление моделей сложных информационных систем на основе широко распространенного объектно-ориентированного подхода.

На рис. 2 предложена объектно-ориентированная модель механизма обработки числовой информации внутри самого НЛР, которая, в свою очередь, может служить основой для его реализации в виде программного модуля. Разработанная структурно-логическая схема представляет собой отображение алгоритма работы системы управления на базе нечеткого логического регулятора.

Данная структурная схема включает в себя все те «объекты», которые были выделены при разработке интеллектуализированной САУ процессом обжига сульфидного никелевого концентрата, а также абстракции систематических отношений между ними, так называемые «связи».

Мгновенные значения входных технологических параметров, принимаемых САУ к обработке, поступают в объект «МАССИВ». Каждый экземпляр объекта обладает соответствующим набором характеристик.

Назначением этого объекта является формирование ограниченного массива данных для текущего отрезка времени, пригодного для дальнейшей обработки.

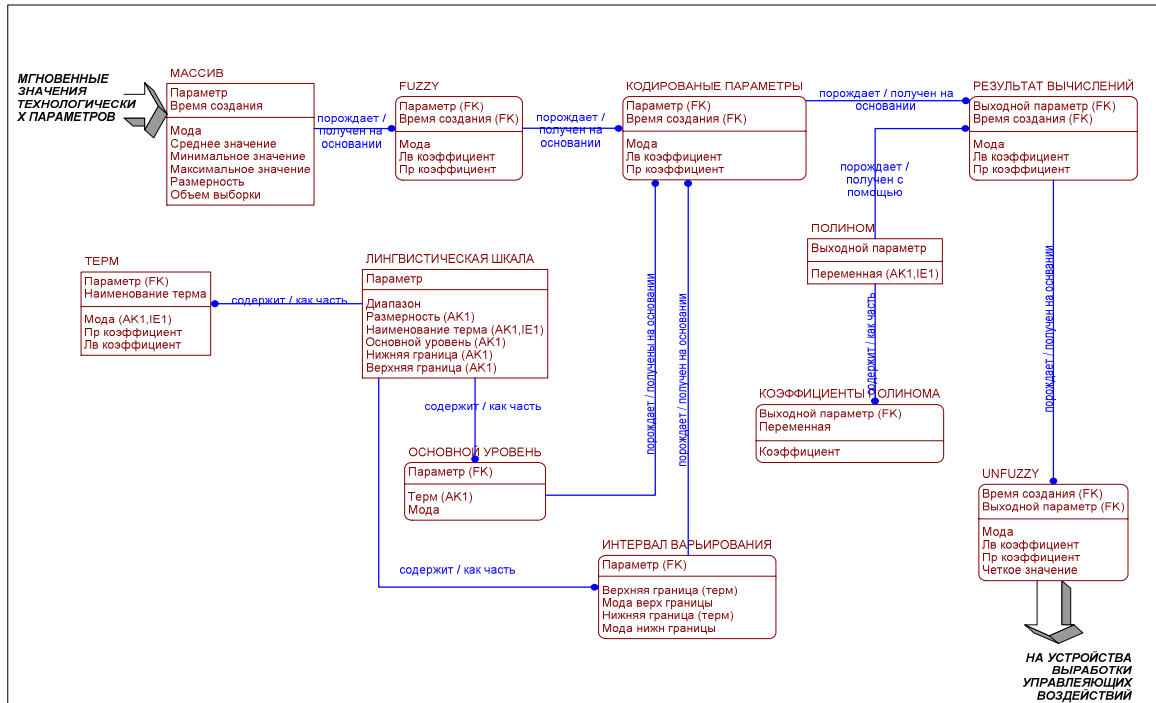


Рис. 2. Объектно-ориентированная модель механизма обработки числовой информации внутри НЛР

Создание экземпляров объектов данного типа происходит периодически по сигналу таймера (на схеме не указан) для каждого контролируемого параметра. После первичной обработки экземпляры объекта «*МАССИВ*» «порождают» экземпляры объекта «*FUZZY*», на выходе которого получаем стандартизованное нечеткое число (LR)-типа.

Это происходит следующим образом. Система обрабатывает экземпляры объекта «*МАССИВ*», а именно: по текущей выборке данных строится гистограмма, затем производится поиск минимального и максимального значения, определяется мода выборки.

Полученный на основании объекта «*FUZZY*» объект «*КОДИРОВАННЫЕ ПАРАМЕТРЫ*» решает задачу перехода от абсолютных величин, каковыми являются нечеткие числа на его входе, к относительным, ранжированным в диапазоне $[-1; +1]$. Для этого привлекаются также объекты «*ИНТЕРВАЛ ВАРЬИРОВАНИЯ*» и «*ОСНОВНОЙ УРОВЕНЬ*». Назначение и способы взаимодействия между этими тремя объектами соответствуют традиционным методикам планирования эксперимента [2]. В свою очередь, эти объекты, а также объект «*ТЕРМ*», являются составной частью объекта «*ЛИНГВИСТИЧЕСКАЯ ШКАЛА*».

Объект «*РЕЗУЛЬТАТ ВЫЧИСЛЕНИЙ*» включает в себя реализацию расчета управляющих воздействий по полиномиальной модели и появляется в результате математических операций над экземплярами объектов «*КОДИРОВАННЫЕ ПАРАМЕТРЫ*» и «*ПОЛИНОМ*».

Объект «*ПОЛИНОМ*» содержит информацию о входящих в состав полиномиальной модели переменных, используя, соответственно, экземпляры объекта «*КОЭФИЦИЕНТЫ ПОЛИНОМА*».

После расчета величин управляющих воздействий их необходимо привести к традиционной четкой форме. Это осуществляется с помощью объекта «*UNFUZZY*».

При моделировании БЗ НЛР в виде аналитического выражения становится возможным прогнозирование последствий состояния процесса даже в аварийных областях факторного пространства (рис. 3) при управлении процессом обжига в кипящем слое никелевого концентрата [1].

Загрузка концентрата как функция от T^* и $t_{\text{предыстории}}$
 $Z=10.46-4.39^*X-3.1^*Y-2.86^*X^*Y$

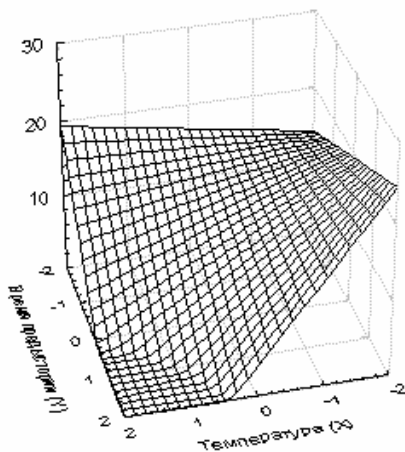


Рис. 3. Объемный портрет функции отклика Y – скорости загрузки концентрата в печь кипящего слоя от двух переменных при остальных четырех постоянных

Литература

1. КИМЯЕВ И. Т., САЛИХОВ З. Г., СПЕСИВЦЕВ А. В., ДРОЗДОВ А. В. Исследование закритических областей факторного пространства при управлении обжигом в кипящем слое с помощью нечеткой управляющей модели // Известия вузов. Цветные металлы. 2001. № 1. С. 74-77.

2. СПЕСИВЦЕВ А. В. *Металлургический процесс как объект изучения: новые концепции, системность, практика*. СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2004. – 307 с.

*Статья представлена к публикации
членом редакционной коллегии Ю.И. Еременко*