

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ НЕЧЕТКОГО АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ОДНИМ КЛАССОМ СЛОЖНЫХ ХИМИКО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Г.Б. Шихалиев¹⁾

1) студент Азербайджанского Государственного Университета Нефти и Промышленности, г. Баку, Азербайджан, sixaliyevgulxan@gmail.com

Аннотация: в данной статье на основе тщательного анализа и исследования особенностей сложных процессов, протекающих в одном выбранном классе сложных химико-технологических комплексов рассматриваются основные принципы и концепция разработки универсального нечеткого алгоритма, обеспечивающего оптимальное управление выделенным классом.

Ключевые слова: химико-технологический комплекс, нечеткий алгоритм, оптимальное управление, качественные показатели, функция принадлежности, лингвистическая переменная.

PRINCIPLES OF CONSTRUCTING A FUZZY ALGORITHM FOR CONTROL OF ONE DIFFICULT CHEMICAL AND TECHNOLOGICAL COMPLEXES CLASS

Gulxan B. Shixaliyev¹⁾

1) the student Azerbaijan State Oil and Industry University (ASOIU), city of Baku, Azerbaijan, sixaliyevgulxan@gmail.com

Abstract: in this article, based on a thorough analysis and study of the features of complex processes occurring in one selected class of complex chemical-technological complexes, the basic principles and concept of developing a universal fuzzy algorithm that provides optimal control of the selected class are considered.

Key words: chemical-technological complex, fuzzy algorithm, optimal control, quality indicators, membership function, linguistic variable.

На основе всестороннего исследования и анализа существующих автоматизированных систем управления сложными химико-технологическими комплексами, использующими как детерминированные, так и стохастические и нелинейные модели с применением декомпозиционных подходов показывает, что результаты оптимизации управления ими часто получаются неадекватными текущей технологической ситуации, а значит, и плохореализуемыми в современных производственных условиях. В частности, в этих условиях они оказались непрактичными и недостаточно продуктивными из-за получающейся большой размерности

формулируемой задачи нелинейной оптимизации, а декомпозиционные подходы – из-за сложности учета технологичности и связей последующих друг за другом процессов и состояний составляющих технологических аппаратов [1, 2, 3].

При всестороннем анализе и рассмотрении задач автоматизации и управления технологическими процессами, на примере отделения газофракционирования на крупнотоннажной установке получения товарного этилена ЭП-300, установлено, что, с точки зрения информационного обеспечения, рассматриваемые технологические процессы в условиях сильной изменчивости внутренних и внешних ситуаций на рассматриваемом производстве характеризуются случайными величинами, а, в общем, и неполнотой информацией об их функционировании [4, 5].

Следует отметить, что существующие локальные системы автоматического контроля не позволяют получить полную информацию о состояниях исследуемых технологических процессов, каковыми являются современные химико-технологические процессы подобного типа. Это, в первую очередь, связано с отсутствием необходимых анализаторов, осуществляющих оперативный автоматический контроль за качественными показателями производимых промежуточных и целевых продуктов рассматриваемых технологических процессов. Как известно, такие анализаторы, если теоретически и разработаны, то до сих пор нет существенных положительных результатов их применения в реальных производственных условиях. Поэтому на аналогичных установках контроль за качественными показателями основных производимых промежуточных и товарных продуктов в основном осуществляется несколько раз за сутки в лабораторных условиях на основе взятых образцов. Именно, по этой причине (отсутствие оперативности в получении информации) качественные показатели производимых в рассматриваемых технологических процессах целевых продуктов не всегда соответствуют необходимым требованиям, предъявляемым к ним.

Из вышесказанного следует, что на подобных сложных технологических установках достичь обеспечения необходимого критерия только решением задач оптимизации на уровне оперативного управления невозможно. В связи с этим, результаты решаемых на уровне оптимизации задач должны быть использованы непосредственно при управлении режимными координатами исследуемого технологического объекта.

На основе вышесказанного и, учитывая особенности рассматриваемого объекта в предложенной статье рассматриваются принципы разработки обобщенного нечеткого алгоритма управления, обеспечивающего оптимальное автоматическое управление режимными координатами основных технологических аппаратов отделения газофракционирования крупнотоннажной установки ЭП-300, описываемыми нечеткими моделями.

Известно, что в основе нечетких моделей объектов управления, функционирующих в условиях дефицита информации лежит лингвистическое правило вида:

$$\begin{aligned}
& \text{if } A_1, \text{ then } Y_1, \\
& \text{else if } A_2, \text{ then } Y_2, \\
& \dots\dots\dots \\
& \text{else if } A_k, \text{ then } Y_k,
\end{aligned}
\tag{1}$$

здесь, $A_i, i=1, k$ - термы лингвистических переменных \tilde{A}_i , а $Y_i, i=1, k$ - термы лингвистических переменных \tilde{Y}_i .

Следует отметить, что термы характеризуют не количество лингвистических переменных, а их качественные характеристики возможных состояний лингвистических переменных. И, если задана технологическая система с $\tilde{a}_1, \tilde{a}_2, \dots, \tilde{a}_k$ - входами и $\tilde{y}_1, \tilde{y}_2, \dots, \tilde{y}_m$ - выходами, тогда учитывая физико-химические особенности входных параметров и обобщая опыт принятия решения оперативного персонала, управляющего исследуемой технологической системой, то на основе вышеприведенного правила (1) можно построить нечеткую модель системы управления.

Кроме того, основное преимущество их в том, что они дают возможность простыми правилами представить функционирование достаточно сложной химико-технологической системы.

В многомерной нечеткой форме приведенные лингвистические правила можно представить в виде отображения следующего вида:

$$f: \tilde{a} \rightarrow \tilde{y}, \tag{2}$$

здесь, $\tilde{A} = \tilde{a}_1, \tilde{a}_2, \dots, \tilde{a}_k; \tilde{Y} = \tilde{y}_1, \tilde{y}_2, \dots, \tilde{y}_m$.

У нечеткой формы представления модели (2), характеризующей такую особенность, как соразмерность между входными и выходными координатами рассматриваемого объекта имеется два преимущества: во-первых, описание становится простым (несложным), во-вторых, с данной формой описания имеется возможность проведения более всестороннего и глубокого теоретического исследования.

Таким образом, имеем многомерное нечеткое отображение (2). Тогда как с прикладной, так и с теоретической точки зрения важным является проблема декомпозиции отображения (2) в несколько отображений меньшей размерности.

На основе описанной выше модели ниже предлагается алгоритм оптимального управления рассматриваемым технологическим объектом.

Как и предполагалось выше, пусть имеется система с n входными координатами - $\tilde{a}_1, \tilde{a}_2, \dots, \tilde{a}_k$ и m выходными координатами - $\tilde{y}_1, \tilde{y}_2, \dots, \tilde{y}_m$.

Здесь

$$\begin{aligned}
\tilde{a}_i & \in \tilde{A} = [\tilde{e}_i, \tilde{o}_i], i=1, k \\
\tilde{y}_j & \in \tilde{Y} = [\tilde{u}_j, \tilde{n}_j], j=1, m.
\end{aligned}$$

Пусть далее нечеткая модель задается в виде нечеткого отображения:

$$f: \tilde{A} \rightarrow \tilde{Y}, \text{ где } \tilde{A} = \tilde{a}_1, \tilde{a}_2, \dots, \tilde{a}_k; \tilde{Y} = \tilde{y}_1, \tilde{y}_2, \dots, \tilde{y}_m.$$

Учитывая вышесказанное, алгоритм нечеткого управления технологическим объектом на основе ее нечеткой модели можно представить в виде следующих последовательных этапов:

Этап 1. На первом этапе выбирается и обосновывается минимальное число наиболее информативных входных ($\tilde{a}_i, i=1, k$) и выходных ($\tilde{y}_j, j=1, m$) переменных, которые характеризуют состояния исследуемого технологического объекта управления и обеспечивают необходимым количеством оперативной информации для оптимального управления им.

С этой целью, для каждого из выбранных технологических параметров принимается лингвистическая переменная: $\tilde{a}_i \rightarrow \tilde{A}$ и $\tilde{y}_j \rightarrow \tilde{Y}$. Принимая во внимание, что каждая из данных переменных может находиться в различных состояниях, то для них вводятся, так называемые, терм-множества состояний лингвистических переменных:

$$\begin{aligned} \tilde{A} &= \{C_{i1}, \dots, C_{ip}\}, i=1, k \\ \tilde{Y} &= \{B_{j1}, \dots, B_{jd}\}, j=1, m. \end{aligned}$$

Здесь, C_{ip} - значение, которое принимает лингвистическая переменная \tilde{A} в i -ом состоянии, B_{jd} - значение, которое принимает лингвистическая переменная \tilde{Y} в j -ом состоянии.

В процессе математического моделирования для построения терм-множеств состояний рассматриваемого технологического объекта производится квантование области изменения соответствующих параметров на уровни и каждому из этих квантов (интервалов) ставится в соответствие определенный терм.

Положим, что

$$\begin{aligned} \tilde{A} &= [C_i^{\min}, C_i^{\max}], \\ \tilde{Y} &= [B_j^{\min}, B_j^{\max}]. \end{aligned}$$

А теперь, каждое из этих отрезков разобьем на кванты следующим образом:

$$\begin{aligned} c_i^{\min} &= c_{i1} < c_{i2} < \dots < c_{ip} = c_i^{\max} \\ b_j^{\min} &= b_{j1} < b_{j2} < \dots < b_{jd} = b_j^{\max}. \end{aligned}$$

В то же время принимаем, что

$$\begin{aligned} c_{ip} &= (c_{ip} + c_{ip+1})/2, i=1, k \\ b_{jd} &= (b_{jd} + b_{jd+1})/2, j=1, m, \end{aligned}$$

где, состояние C_{ip} лингвистической переменной \tilde{A} соответствует случаю, когда $c_{ip} < \tilde{a}_i < c_{ip+1}$, а состояние B_{jd} лингвистической переменной \tilde{Y} - $b_{jd} < \tilde{y}_j < b_{jd+1}$.

В связи с этим, функции принадлежности, соответствующие каждому из элементов терм-множества состояний лингвистических переменных \tilde{A} и \tilde{Y} будут иметь следующий вид:

$$\begin{aligned}\mu_C(a_i) &= \exp(-Q_{ip} |a_i - c_{ip}|) \\ \beta_B(y_j) &= \exp(-Q_{jd} |y_j - b_{jd}|),\end{aligned}$$

здесь Q_{ip} и Q_{jd} - параметры, выбранные в результате идентификации функций принадлежности.

Этап 2. На втором этапе на основе поступающей с технологического объекта управления информации с использованием терм-множеств лингвистических переменных входа и выхода, дается достаточно полное описание всех возможных ситуаций при условии, что оно гарантирует оптимальную траекторию управления рассматриваемым объектом. Это описание, называемое лингвистической моделью, задается в виде логического правила вида:

$$\text{If } A \text{ then } B, \quad (3)$$

где A и B – соответственно входная и выходная лингвистическая переменные.

Каждое логическое правило (3) определяет одно из состояний технологического объекта управления и записывается посредством нечеткого отображения в виде: $f: \tilde{A} \rightarrow \tilde{Y}$. При этом, отображение f должно быть определено взаимно однозначно, иначе принятое решение может оказаться неоднозначно определенным.

Известно, что лингвистическая модель определяется лингвистической таблицей правил или нечетким отображением (представлением):

$$f: \tilde{a}_1 \times \dots \times \tilde{a}_k \rightarrow \tilde{y}_1 \times \dots \times \tilde{y}_m$$

и на основе нечеткого отображения f строится матрица нечетких отношений вида:

$$R(x, y) = \inf(\mu_1(a_1), \dots, \mu_k(a_n), \beta_1(y_1), \dots, \beta_m(y_l)).$$

Этап 3. На третьем этапе используется композиционное правило вывода. Пусть $f: \tilde{A} \rightarrow \tilde{Y}$ произвольное нечеткое отображение, а $\mu(a)$ и $\beta(y)$ - функции принадлежности нечетких множеств, заданных соответственно на \tilde{A} и \tilde{Y} . Тогда композиционное правило вывода определяется так:

$$\begin{aligned}\beta(y) &= \vee(\mu(a) \wedge f(a, y)), \\ \beta(y) &= \text{Sup}(\inf(\mu(a), f(x, y))).\end{aligned}$$

Этап 4. На четвертом этапе осуществляется выбор конкретного определенного шагового значения из нечеткого множества. Выбранный шаг принимается за решение и передается на исследуемый объект управления.

Для выбора конкретного числового режимного значения технологического параметра нужно выбрать из множества значений \tilde{A} такое значение y^* , для которого

$$y^* = \arg \text{Sup } \beta(y), \text{ где } y^* = (y_1^*, y_2^*, \dots, y_m^*).$$

Найденные значения $y_1^*, y_2^*, \dots, y_m^*$ являются искомыми оптимальными значениями исходных параметров y_1, y_2, \dots, y_m .

Этап 5. Этот этап необходим в связи с тем, что со временем построенная модель технологического объекта может претерпеть некоторые изменения. Поэтому возникает необходимость на базе поступающей информации корректировать либо описание состояний рассматриваемого объекта управления при изменении ситуации, либо же параметры данной модели. Идентификация производится на основе процедуры адаптации до тех пор, пока построенная математическая модель не станет адекватной технологическому объекту управления.

Список использованных источников:

1. Натареев С.В. Моделирование и расчет процессов химической технологии. Учебное пособие. – Иваново, ИГХТУ, 2008, С. 14-21 с.
2. Пахомов А.Н., Коновалов В.И., Гатапова Н.Ц., Колиух А.Н. Основы моделирования химико-технологических систем. Учебное пособие. – Тамбов. 2008, С. 56-64.
3. Стадник В.С., Горovenko Л.А. Многокритериальные задачи принятия решений в процессе технологической подготовки производства // Прикладные вопросы точных наук: Материалы I Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, преподавателей.- Армавир: ООО «Типография имени Г. Скорины», 2017. – С. 72-78.
4. Кузьмин С.Т., Козлов И.А. Опыт внедрения и эксплуатации автоматизированных систем управления крупнотоннажным производством этилена. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1984, С. 37-47.
5. Горovenko Л.А. Математические методы компьютерного моделирования физических процессов// Международный журнал экспериментального образования. Пенза: ИД «Академия естествознания», 2017. – №2. – с. 92–93.