



УДК 65.011.56

АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ЭВОЛЮЦИЕЙ НЕЧЕТКОЙ МНОГОСТАДИЙНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Палюх Б.В., Егерова И.А.

Тверской государственной технической университет, г. Тверь, Россия

Pboris@tvstu.ru

Irina.egereva@gmail.com

В работе представлена формальная модель управления эволюцией нечеткой технологической системы, а также структура алгоритмического обеспечения для рассматриваемой задачи.

Ключевые слова: нечеткая система, алгоритмическое обеспечение, эволюция технологической системы, многостадийность.

Введение

Достижение требуемого уровня эффективности производства реализуется за счет совершенствования технологических процессов путем непрерывного контроля основных параметров производства и выработки управленческих решений по эволюции технологической системы.

В нечеткой технологической системе [Щербатов, 2014] процесс управления эволюцией характеризуется рядом особенностей, такими как альтернативность и неопределенность путей достижения цели с высоким риском; невозможность точного планирования, ориентация на прогнозные оценки; противоречивость в сфере экономических отношений и интересов участников процесса. В связи с этим возникает необходимость разработки формализованной модели управления эволюцией нечеткой технологической системы, а также алгоритмического обеспечения для рассматриваемой задачи.

1. Модель управления эволюцией нечеткой многостадийной технологической системы

Рассмотрим многостадийную технологическую систему, состоящую из стадий S_1, S_2, \dots, S_N .

Состояние системы на входе n -ой стадии обозначим через x_n , а на выходе через x_{n+1} . При этом результатные показатели n -ой стадии являются входными для $(n+1)$ -ой стадии. Управление на n -ой стадии будем обозначать через u_{n+1} .

Пусть X_0, \dots, X_N – соответствующие пространства состояний, а U_1, \dots, U_N – пространства управлений. Для определенности будем считать, что все пространства $X_0, \dots, X_N, U_1, \dots, U_N$ – являются компактными метрическими пространствами.

Пусть вход $x_0 \in X$ на первую стадию задан. В результате использования управления $u_1 \in U_1$ на выходе первой стадии формируется состояние $x_1 \in X_1$, заранее не известное. В соответствии с [Дзюба и др., 2014, Беллман и др., 1976] известно, что переменные x_0, u_1, x_1 связаны между собой нечетким отношением S_1 с функцией принадлежности $\mu_{S_1}(x_0, u_1, x_1)$. Будем считать, что цель управления характеризуется нечетким целевым множеством G в пространстве X_N с функцией принадлежности μ_G . Также предположим, что все функции $\mu_G, \mu_{S_1}, \dots, \mu_{S_N}$ непрерывны в их области определения. Задача управления заключается в отыскании последовательности управлений

$$u_1, u_2, \dots, u_N, \quad (1)$$

обеспечивающей наибольшее удовлетворение нечеткой цели G при условии, что начальное состояние x_0 задано.

Таким образом, нечеткое множество G представляет собой цель управления и задача состоит в отыскании последовательности управлений (1), обеспечивающей максимальную степень принадлежности состояния x_0 нечеткому

множеству G при условии, что эволюция технологической системы описывается композицией нечетких множеств S_1, \dots, S_N и G . (см [Дзюба и др., 2014]). Последовательность управлений (1) должна быть подобрана таким образом, чтобы при заданном начальном состоянии x_0 максимально удовлетворялась нечеткая цель G на выходе последней стадии.

Посредством равенства

$$D_{N-n} = S_{N-n} \circ \dots \circ S_N \circ G \quad (2)$$

введем в рассмотрение нечеткое множество D_{N-n} в пространстве X_{N-n} условное по u_{N-n+1}, \dots, u_N . Функция принадлежности $\mu_{D_{N-n}}$ множества D_{N-n} удовлетворяет равенству

$$\mu_{D_{N-n}}(x_{N-n} | u_{N-n+1}, \dots, u_N) = \max_{x_{N-n}, \dots, x_N} \min [\mu_S(x_{N-n}, u_{N-n+1}, x_{N-n+1}), \dots, \mu_G(x_N)]$$

$$\mu_{D_{N-n}}(x_{N-n} | u_{N-n+1}, \dots, u_N) = \max_{x_{N-n}, \dots, x_N} \min \left[\begin{array}{l} \mu_S(x_{N-n}, u_{N-n+1}, x_{N-n+1}), \dots, \\ \mu_S(x_{N-n}, u_N, x_N), \mu_G(x_N) \end{array} \right]$$

Тогда значения $\mu_{D_N}(x_0 | u_1, u_2, \dots, u_N)$ функции μ_{D_N} представляют собой степень принадлежности состояния x_0 множеству G при использовании какой-либо фиксированной последовательности управлений вида (3).

Положим

$$\mu_{N-n}(x_n) = \max_{u_{N-n+1}, \dots, u_N} \mu_{D_{N-n}}(x_{N-n} | u_{N-n+1}, \dots, u_N) \quad (3)$$

При этом, очевидно

$$\mu_N(x_N) = \mu_G(x_N) \quad (4)$$

Более того, легко видеть, что

$$\begin{aligned} \max_{u_{N-n+1}, \dots, u_N} \min \mu_{D_{N-n}}(x_{N-n} | u_{N-n+1}, \dots, u_N) &= \\ \max_{u_{N-n+1}, \dots, u_N} \min [\mu_S(x_{N-n}, u_{N-n+1}, \dots, u_N), & \\ \max_{u_{N-n+2}, \dots, u_N} \mu_{D_{N-n+1}}(x_{N-n+1} | u_{N-n+2}, \dots, u_N)] & \end{aligned}$$

Тогда в силу (3) для произвольного N выполнено равенство

$$\mu_{N-1}(x_{N-1}) = \max_{u_{N-1}, x_N} \min \left[\begin{array}{l} \mu_S(x_{N-1}, u_{N-1}, x_N), \\ \mu_{N-n+1}(x_{N-n+1}) \end{array} \right], \quad (5)$$

где $\mu_{N-n}(x_{N-n})$ - максимальная степень принадлежности состояния x_{N-n} множеству G .

Управление (5) с граничным условием (4) представляет собой аналог уравнения Беллмана для рассматриваемой задачи.

Процедура построения оптимального управления эволюцией нечеткой технологической системой распадается на два уровня.

Входными данными первого уровня являются функции принадлежности $\mu_{S_1}, \dots, \mu_{S_N}, \mu_G$. На данном уровне из решения уравнения (4) определяются оптимальные управления u_1^*, \dots, u_N^* . При этом согласно основным принципам теории динамического программирования управления u_1^*, \dots, u_N^* всегда можно построить в виде законов управления с обратной связью, т.е.

$$u_n^* = u_n^*(x_{n-1}), n = 1, \dots, N. \quad (6)$$

На втором этапе должна осуществляться реализация найденных законов управления на рассматриваемой технологической системе. В результате получается замкнутая система управления эволюцией системы, представленная на рисунке 1

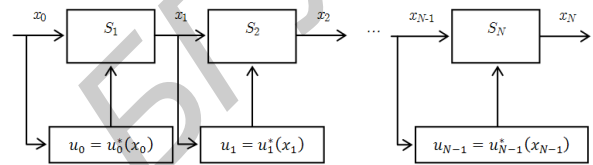


Рисунок 1 – Структура оптимального управления

Таким образом, моделирование нечетких многостадийных технологических систем при помощи нечетких отношений и правила композиции позволяет осуществить синтез управления с обратной связью рассматриваемыми системами.

2. Алгоритмическое обеспечение

Разработка алгоритмического обеспечения управления эволюцией технологической системы включает в себя процесс создания общего алгоритма, состоящего из следующих разделов:

- описание основных задач функционирования технологической системы. В данном разделе описываются обеспечивающие подсистемы, такие как средства производства, ресурсы, исполнители; технологические средства, такие как техническое оснащение, специфические средства; средства обеспечения качества функционирования технологической системы и другие;

- описание вычислительного процесса при решении задач обработки информации и управления аппаратурой, оборудованием, системой контрольно-измерительных приборов. Здесь представляются элементы структуры технологической системы и взаимосвязь между ними.

- описание задач управления эволюцией системы. Раздел содержит описание основных способов управления эволюцией технологической системой:

- на основе управления ростом потенциальных возможностей персонала (например, новые методики мотивационного управления) и формировании персоналом информации о своих возможностях (изучение опыта других аналогичных предприятий; повышение квалификации, изучение новой профессиональной литературы и т.д.);

- управления ростом предельных технологических возможностей (например, внедрение новых способов и возможностей эксплуатации оборудования, технологических узлов; модернизация имеющегося оборудования; корректировка технологических стадий и т.д. [Paliukh и др., 2014]);

- при выработке производственного плана (например, внедрение решений, влияющих на ограничения).

Общее описание содержит перечень алгоритмов и последовательность их применения, условия, при которых используется каждый алгоритм, связи алгоритмов по выходной и выходной информации и т.п.

3. Структура алгоритма

При разработке алгоритма управления эволюцией технологической системой необходимо учитывать общую структуру типового программного комплекса, включающего в себя, как правило, несколько компонент и комплексов программ.

Так, структура программного комплекса управления эволюцией нечеткой многостадийной непрерывной технологической системы может включать:

- компоненты первичной обработки нечеткой информации;
- компоненты вторичной обработки нечеткой информации;
- комплекс организации обмена информацией с аппаратурой, системой контрольно-измерительных приборов;
- комплекс контроля технического состояния оборудования;
- комплекс планирования работ, включающий в себя компоненты формирования временной диаграммы функционирования управляющей системы;
- комплекс анализа, моделирования и планирования;
- комплекс поиска инновационных решений по управлению эволюцией промышленной системы;
- комплекс контроля результатов производства (экономическая составляющая, соответствие качества продукции заданным характеристиками и т.п.)

Рассмотрим схему обработки информации и управления эволюцией нечеткой многостадийной непрерывной технологической системой (рисунок 2).

Рассматриваемая система состоит из стадий S_1, S_2, \dots, S_N . Состояние процесса на входе n -ой стадии обозначен через x_n , а на выходе через x_{n+1} .

Получение A_1, A_2, \dots, A_N – первый этап сбора информации A . В результате функционирования каждой стадии формируется множество первичной разнородной информации, связанной как с протеканием технологического процесса, так и с работой обеспечивающих подсистем. B_1, B_2, \dots, B_N – на втором этапе сбора информации B данные, полученные на этапе A , классифицируются по группам характеристик и времени получения информации.

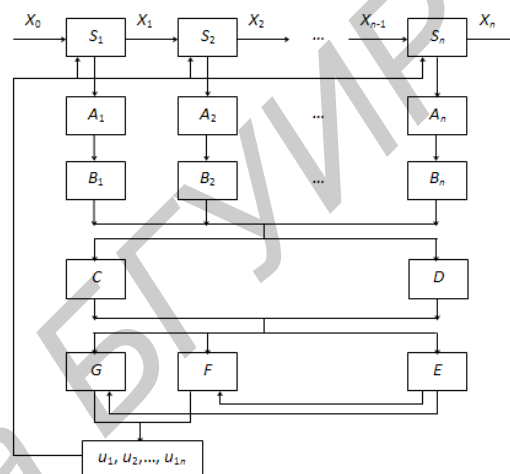


Рисунок 2 – Схема обработки информации и управления эволюцией нечеткой многостадийной непрерывной технологической системой

C – на основе контроля и анализа множества данных, полученных на этапе B , формируется заключение о моральном и техническом состоянии аппаратуры, технологического оборудования, системы контрольно-измерительных приборов путем сравнения фактических данных с лучшими характеристиками аналогичных производств.

D – на данном этапе, одновременно с контролем технического состояния системы осуществляется контроль результатов качества каждой стадии технологической системы.

Следующий этап алгоритма управления эволюцией нечеткой технологической системы включает в себя блоки: E, F, G .

E – поиск инновационных решений для управления эволюцией нечеткой системы. Данный этап является одним из самых важных при управлении технологической системой. В настоящее время существует огромное количество вспомогательной информации, размещенной в хранилищах данных, информационных распределенных систем, содержащих решения по различным проблемам функционирования технологических систем, а также литературы по соответствующей тематике [Иванов и др., 2013]. Кроме того, любая технологическая система содержит интеллектуальный ресурс, который можно использовать при грамотном построении

мотивационного управления. Перед руководителями стоит задача поиска, сбора, обобщения и синтеза управленческих решений, предварительного анализа результатов инновационных предложений с целью повышения эффективности функционирования системы в целом.

F – планирование функционирования систем получения и обработки первичной информации, обработки заявок обслуживающих систем. В соответствии с технологическим регламентом формируется график получения и дальнейшей обработки первичной информации. В случае необходимости осуществляется корректировка данного графика.

В процессе наблюдения за производственной системой наряду с решением основных задач необходимо решать дополнительные задачи, связанные с поддержанием работоспособности системы.

G – этап анализа, моделирования и прогнозирования. На данном этапе решается ряд задач. На основе полученной информации на этапах алгоритма управления *C* и *D*, а также в соответствии с множеством заданных пороговых значений отклонений технологических параметров аналитическим службам предприятия необходимо своевременно сообщать о состоянии безопасного и надежного функционирования технологической системы, а также оценивать соответствие качества продукции заданным в спецификациях требованиям. При выработке управленческих решений на этапе поиска инновационных предложений, необходимо организовать проверку обоснованности и целесообразности внедрения инноваций в технологический процесс.

Заключение

В работе представлена модель управления эволюцией нечеткой технологической многостадийной системы, в процессе разработки которой сформулирована задача синтеза оптимального управления абстрактными нечеткими многостадийными технологическими системами. Для представленной модели описан алгоритм управления эволюцией нечеткой технологической системой, состоящий из этапов сбора, группировки первичной информации, контроля предусмотренных технологическим регламентом параметров, а также этапов формирования и апробации управляющих инновационных решений, направленных на повышение эффективности функционирования технологической системы в целом.

Библиографический список

[Щербатов, 2014] Щербатов, И.А. Сложные слабоформализуемые системы: компонентный подход // Приоритетные научные направления: от теории к практике: сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции / Под общ. ред. С.С. Чернова.- Новосибирск: Издательство ЦРНС, 2014. - С. 104-108.

[Дзюба, 2014] Дзюба, С.М., Палюх, Б.В., Егерева, И.А. Об оптимальном управлении нечеткими многостадийными

процессами // XII Всероссийское совещание по проблемам управления, М.: ИПУ РАН. 2014. – С.3968-3972.

[Беллман, 1976] Беллман, Р., Заде, Л. Принятие решений в расплывчатых условиях // Вопросы анализа и процедуры принятия решений. М.: Мир, 1976. С. 172-216.

[Paliukh, 2014] Paliukh, B.V., Vinogradov, G.P., Egereva, I.A. Managing the Evolution of Chemical Engineering System // Theor. Found. Chem. Eng. 2014. Vol.48, №3. – pp. 325-331].

[Иванов, 2013] Иванов, В.К., Виногорова, Н.В. Эвристический алгоритм фильтрации и семантического ранжирования результатов поиска документов // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Прикладная математика. 2013. №3 (30). С.97-106.

ALGORITHMIC SUPPORT TO MANAGING FUZZY MULTI-STAGE TECHNOLOGICAL SYSTEM EVOLUTION

Palyukh B.V., Egereva I.A.

Tver State Technical University, Tver, Russia

Pboris@tvstu.ru

Irina.egereva@gmail.com

This work presents a formal management model for fuzzy technological system evolution, as well as the structure of algorithmic support to the problem addressed.

Introduction

In a fuzzy technological system, process of evolution management has its own features, such as: the ways to achieve high-risk goals are alternative and vague; precise planning is impossible, and we have to be guided by predictive estimate; parties involved in the process may have contradictory economic relations and interests. Therefore, there is a need to design a formalised management model for fuzzy technological system evolution, as well as for algorithmic support to the problem addressed.

Main Part

Achieving target production efficiency level is made possible by developing technological processes through continuous control of main production metrics and generation of management decisions for technological systems evolution. This work presents a management model for fuzzy multi-stage technological system evolution, based on algorithmic support to managing fuzzy multi-stage technological system evolution.

Conclusion

This work presents a management model for fuzzy multi-stage technological system evolution; while developing the model, the problem of generating optimal control over abstract fuzzy multi-stage technological systems has been formulated. For the model offered herein, we have described the management algorithm for fuzzy technological systems evolution, comprising the following stages: initial data acquisition, control over process operating procedure parameters, as well as generating and evaluating innovative management decisions, aimed at improving the efficiency of a technological system as a whole.