

УДК 519.6

DOI: 10.15827/2311-6749.16.4.7

АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ЭВОЛЮЦИЕЙ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

*Б.В. Палюх, д.т.н., профессор; А.Н. Ветров, к.т.н., доцент;
С.М. Дзюба, д.ф.-м. н., профессор; И.А. Егерова, к.т.н., доцент
(Тверской государственной технической университет, наб. А. Никитина, 25,
г. Тверь, 170026, Россия, is@tstu.tver.ru)*

Работа посвящена вопросам созданию методов и средств оптимального управления эволюцией многостадийных процессов в условиях динамической неопределенности для повышения их эффективности и долгосрочной устойчивости в течение всего жизненного цикла. Многостадийный процесс рассматривается как многоагентная система, эффективность управления которой зависит от согласованного поведения центра и агентов, их заинтересованности в поиске и внедрении инновационных решений, от умения анализировать возможности эволюционного развития. Для представленной модели описан алгоритм информационной поддержки процесса эволюционного развития, 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.

Ключевые слова: информационные технологии, управление эволюцией, инновационные решения, согласованная оптимизация, алгоритмы.

Вопросы управления эволюцией производственно-технических систем были рассмотрены в работах [1–3]. Общая цель исследования состоит в создании методов и средств оптимального управления эволюцией производственно-технических систем в условиях динамической неопределенности для повышения их эффективности и долгосрочной устойчивости в течение всего жизненного цикла. Производственно-техническая система рассматривается как многоагентная система, эффективность управления которой зависит от согласованного поведения центра и агентов, их заинтересованности в поиске и внедрении инновационных решений, умения анализировать возможности эволюционного развития. Повышение эффективности производства достигается за счет непрерывного совершенствования технологических процессов на основе инноваций в процессе эволюции производственно-технической системы. Процесс управления эволюцией производственно-технической системы 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. Модель управления эволюцией предполагает, что технологический процесс состоит из ряда последовательных стадий – S_1, S_2, \dots, S_N . Обозначим x_n состояние процесса на входе n -й стадии, а x_{n+1} – на выходе. При этом выходные показатели n -й стадии являются входными для $(n+1)$ -й стадии. Управление на n -й 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. Известно, что переменные x_0, u_1, x_1 связаны между собой нечетким отношением S_1 с функцией принадлежности $\mu_{S_1}(x_0, u_1, x_1)$. При этом после окончания работы первой стадии реальное состояние x_1 процесса доступно наблюдению. Аналогичным образом, если $x_{n-1} \in X_{n-1}$ – состояние системы на входе n -й стадии, то в результате использования управления $u_n \in U_n$ на выходе стадии n формируется состояние $x_n \in X_n$. Переменные x_{n-1}, u_n, x_n связаны между собой нечетким отношением S_n с функцией принадлежности $\mu_{S_n}(x_{n-1}, u_n, x_n)$.

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

Таким образом, нечеткое множество G представляет собой цель управления и задача состоит в отыскании последовательности управлений, обеспечивающей максимальную степень принадлежности состо-

яния x_0 нечеткому множеству G при условии, что эволюция технологической системы описывается композицией нечетких множеств S_1, \dots, S_n и G . Другими словами, последовательность управлений должна быть подобрана таким образом, чтобы при заданном начальном состоянии x_0 максимально удовлетворялась нечеткая цель G на выходе последней стадии. Используя свертку

$$D_{N-n} = S_{N-n} \circ \dots \circ S_N \circ G,$$

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

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

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 .

Пусть

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

Граничные условия можно записать в виде

$$\mu_N(x_N) = \mu_G(x_N). \quad (1)$$

Следовательно,

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

Для произвольного значения N выполняется равенство

$$\mu_{N-1}(x_{N-1}) = \max_{u_{N-n}, x_n} \min \left[\mu_S(x_{N-n}, u_{N-n}, x_n), \mu_{N-n+1}(x_{N-n+1}) \right], \quad (2)$$

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

Управление (2) с граничным условием (1) 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 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, то есть

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

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

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

Алгоритм управления эволюцией производственно-технической системы включает следующие блоки:

- 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;

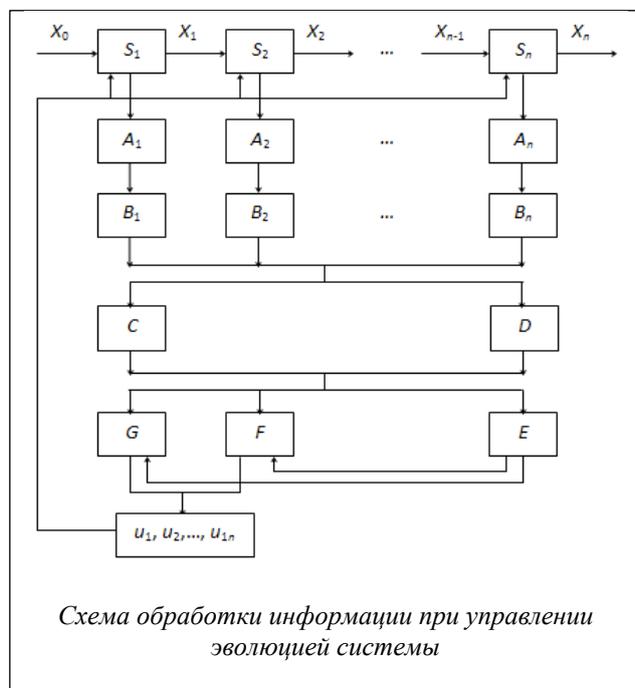
- описание задач управления эволюцией системы; раздел содержит описание основных способов управления эволюцией технологической системой:

- на основе управления ростом потенциальных возможностей персонала (например, новые методики мотивационного управления) и формирования 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.);

– при выработке производственного плана (например, внедрение решений, влияющих на ограничение).

Общее описание алгоритма содержит описание связи блоков по входной и выходной информации [4]. Схема обработки информации в процессе управления эволюцией непрерывного производственного процесса, состоящего из нескольких технологических переделов, представлена на рисунке.



Непрерывный производственный процесс состоит из стадий S_1, S_2, \dots, S_N , где x_n – состояние процесса на входе n -й стадии, а x_{n+1} – состояние процесса на выходе.

A_1, A_2, \dots, A_N – первый этап сбора информации, связанной с работой как технологического оборудования, так и обеспечивающих подсистем, кроме того, с заданной периодичностью получается информация о состоянии системы контрольно-измерительных приборов.

B_1, B_2, \dots, B_N – второй этап сбора информации; данные, полученные на этапе A , классифицируются по группам характеристик и времени получения информации.

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 осуществляется кон-

троль результатов качества каждой стадии технологической системы.

E – этап, включающий в себя поиск инновационных решений для управления эволюцией нечеткой системы. Он является одним из самых важных при управлении технологической системой, так как в процессе функционирования технологической системы обнаруживаются недостаточные показатели параметров качества продукции, показателей обслуживающих систем, недостаточный уровень технологического оборудования. В связи с этим от руководителей различного уровня требуется выработка управленческих решений, направленных на улучшение состояния технологической системы. 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. 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 – этап планирования 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 получения информации о стадиях рассматриваемой технологической системы и их устойчивого сопровождения необходимо решать дополнительные задачи, связанные с поддержанием работоспособности аппаратуры, оборудования, системы контрольно-измерительных приборов и с контролем их состояния.

Заявки на решение подобных задач группируются в таблицы приоритетов: 1 – заявки от системы первичной обработки информации, 2 – список периодических заявок от системы вторичной обработки информации, 3 – список служебных заявок. Цель группировки заявок заключается в возможности оперативного принятия решений при устранении и предотвращении аварийных ситуаций, при поддержке соблюдения технологического регламента, а также при корректировке внедряемых инновационных технологий.

G – этап анализа, моделирования и прогнозирования. На данном этапе решается задача обоснования целесообразности внедрения инноваций в технологический процесс и формирования управляющих воздействий, связанных с эволюцией технологической системы.

При разработке программного комплекса, реализующего алгоритм управления эволюцией производственно-технологической системы, необходимо использовать типовое ПО, включающее в себя несколько компонент и комплексов программ, таких как

- 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 совершенствованию технологического процесса;
- комплекс контроля результатов производства (экономическая эффективность, качество продукции и т.п.).

Решение задачи эффективного управления эволюцией промышленного производства в существенной степени зависит от информационной поддержки инноваций на предприятии. Информация, получаемая при тематическом поиске, используется при управлении центром ростом потенциальных и предельных технологических возможностей агента, при выработке центром производственного плана, при формировании агентом информации о своих возможностях. Создание системы интеллектуальной информационной поддержки инноваций на предприятии основано на интеграции механизмов поиска инновационных решений, соответствующего хранилища данных, методов управления эволюцией промышленного производства с использованием созданного хранилища инновационных решений, в том числе способов обмена информацией в соответствии с алгоритмами согласованной оптимизации и идентификации производственно-технологических параметров. В этой связи ключевую роль играют эффективные алгоритмы, ориентированные на экспертный тематический поиск инновационных решений как в глобальных, так и в локальных специализированных хранилищах данных.

Литература

1. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. 3-е изд. М.: Физматлит, 2012. 604 с.
2. Палюх Б.В., Егерев И.А. Повышение эффективности функционирования предприятия на основе методики распределения мотивационного фонда // Программные продукты и системы. 2007. № 1. С. 41–42.
3. Аржаков М.В., Цыганов В.В. Адаптивные механизмы функционирования интегрированных производственных систем // Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта: тез. докл. М.: Изд-во ИПУ РАН, 2005. С. 127–131.
4. Палюх Б.В., Виноградов Г.П., Егерев И.А. Управление эволюцией химико-технологической системы // Теоретические основы химической технологии. 2014. Т. 48. № 3. С. 1–7.