

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»
Кузбасский научный центр Сибирского отделения
Академии инженерных наук имени А.М. Прохорова
Кемеровское региональное отделение САН ВШ
АО «Евраз - Объединённый Западно-Сибирский
металлургический комбинат»**

**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
В ОБРАЗОВАНИИ, НАУКЕ
И ПРОИЗВОДСТВЕ
AS' 2017**

**ТРУДЫ XI ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ
*(с международным участием)***

**Новокузнецк
2017**

УДК 658.011.56
С 409

С 409 Системы автоматизации в образовании, науке и производстве : Труды XI Всероссийской научно-практической конференции / Сиб. гос. индустр. ун-т ; под общ. редакцией С.М. Кулакова, Л.П. Мышляева. - Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2017. - 475 с., ил.

ISBN 978-5-7806-0502-7

Труды конференции посвящены научным и практическим вопросам автоматизации управления технологическими процессами и предприятиями, социально-экономическими системами, образованием и исследованиями. Представлены результаты исследования, разработки и внедрения методического, математического, программного, технического и организационного обеспечения систем автоматизации и информационно-управляющих систем в различных сферах деятельности.

Сборник трудов ориентирован на широкий круг исследователей, научных работников, инженерно-технический персонал предприятий и научно-исследовательских лабораторий, преподавателей вузов, аспирантов и студентов.

Организации, поддержавшие конференцию:

ОК «Сибшахтострой» (г. Новокузнецк),

ЗАО «Стройсервис» (г. Кемерово),

ООО «Центр сварки и контроля» (г. Кемерово),

ООО «Научно-исследовательский центр систем управления» (г. Новокузнецк),

ООО «Синерго СОФТ СИСТЕМС» (г. Новокузнецк).

Конференция проведена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 17-07-20581.

ISBN 978-5-7806-0502-7

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2017

Наппельбаум // Системные исследования: ежегодник, 1981. – М.: Наука, 1981. – с. 7-86.

2. Емельянов С.В., Коровин С.К., Рыков А.С. и др. Методы идентификации промышленных объектов в системах управления. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2007. – 307 с.

3. Емельянов С.В., Коровин С.К., Мышляев Л.П. и др. Теория и практика прогнозирования в системах управления. – Кемерово: Издат. объединение «Российские университеты»; Кузбассвуиздат – АСТШ, 2008. – 487 с.

4. Емельянов С.В. Системы автоматического управления с переменной структурой. – М.: Наука, 1967. – 336 с.

5. Емельянов С.В., Коровин С.К. Новые типы обратной связи: Управление при неопределенности. – М.: Наука. Физматлит, 1997. – 352 с.

6. Системы автоматизации на основе натурно-модельного подхода: Монография в 3-х т. Т. 2: Системы автоматизации производственного назначения. / Под ред. Л.П. Мышляева. – М.: Наука, 2006. – 483 с.

7. Авдеев В.П., Кустов Б.А., Мышляев Л.П. Производственно-исследовательские системы с многовариантной структурой. – Новокузнецк: Кузбасский филиал Инж. Академии, 1992. – 188 с.

8. Evtushenko V.F., Burkov V.N., Myshlyaev L.P., Makarov G.V. Specific aspects of evaluation of control systems similarity. IOP Conference Series: Earth and Environment Science, 2017, Volume 84, conference 1. <http://iopscience.iop.org>.

ПРЕЦЕДЕНТНЫЙ ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ ПРОГРАММ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ ЦИКЛИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Кулаков С.М., Трофимов В.Б., Добрынин А.С., Тараборина Е.Н.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, Россия*

Функционирование большого количества используемых человеком объектов (механизмов, машин, транспортных средств, технологических агрегатов, человеко-машинных комплексов разного масштаба и назначения), а также работа, малых и больших коллективов людей организованы циклически. Последнее предполагает повторение, с некоторой точностью, определенного набора действий, управлений, операций, выполнение которых позволяет получить желаемый (заданный) результат по окончании каждого цикла работы. Многократное воспроизведение и контроль циклов за определенный отрезок времени (смену, сутки, месяц) позволяет накопить данные о программах управления, условиях и результатах их реализации, о траекториях изменения контролируемых переменных. Эти данные могут (и должны) быть использованы для формирования эффективных программ управления предстоящими циклами работы объекта в условиях изменения свойств возмущающих воздействий и каналов управления, а также разнообразия цикловых заданий (заказов) на получаемую продукцию.

В докладе представлены: задача формирования и реализации цикловых программ управления сложным технологическим объектом (СТО) или производственным комплексом, новая структура системы программного управления, процедура (алгоритм) формирования программы для каждого предстоящего цикла работы объекта. Отличительной особенностью предлагаемой системы и процедуры является новая интерпретация и конкретизация известного в международной юридической практике метода принятия решений на основе прецедентов [1], а также аналогичного метода выбора регулярных (повторяющихся) решений в интеллектуальных системах управления на основе прецедентов [2-5], которые сочетаются с идеей ретроспективной оптимизации и прогнозирования управлений [6, 7].

Прежде чем излагать суть и конкретику предлагаемого прецедентного подхода к программному управлению циклическими объектами обратимся к терминологии и содержанию

известного метода принятия судебных решений на основе прецедентов и к методам рассуждений на основе прецедентов, относящимся к теории интеллектуальных систем.

Прецедент (praecedens, лат. – идущий впереди) – случай, имевший ранее место и служащий примером или оправданием случаев подобного рода [8].

Юридический прецедент – решение определенного суда или органа исполнительной власти по конкретному судебному или административному делу, ставшее образцом для решения аналогичных дел в будущем [9].

Прецедентное право – правовая система (Англии, США, Канады и др. стран), в которой основным источником права признается прецедент судебный. При отсутствии четких определений закона судьи имеют полномочия и обязанность творить право, создав прецедент на основе «подобных дел». Решение по конкретному рассматриваемому делу в дальнейшем будет применяться к другим подобным делам.

Согласно [2,8,9] методы рассуждения на основе прецедентов включают 4 основных этапа выработки решения, которые составляют прецедентный цикл:

- Retrieve [ri'triv] – извлечение, из библиотеки прецедентов, подобного прецедента или подмножества прецедентов, соответствующих ситуации, в которой требуется принять очередное (новое) решение.

- Reuse [ri:'ju:z] – повторное использование извлеченного прецедента (прецедентов) для принятия очередного решения.

- Revise [ri'vaiz] – пересмотр (коррекция), в случае необходимости, прецедентного решения в соответствии с рассматриваемой (очередной) задачей (проблемой).

- Retain [ri'tain] – сохранение вновь принятого решения как части нового прецедента (для будущих аналогичных ситуаций).

Структура прецедентного цикла приведена на рисунке 1.

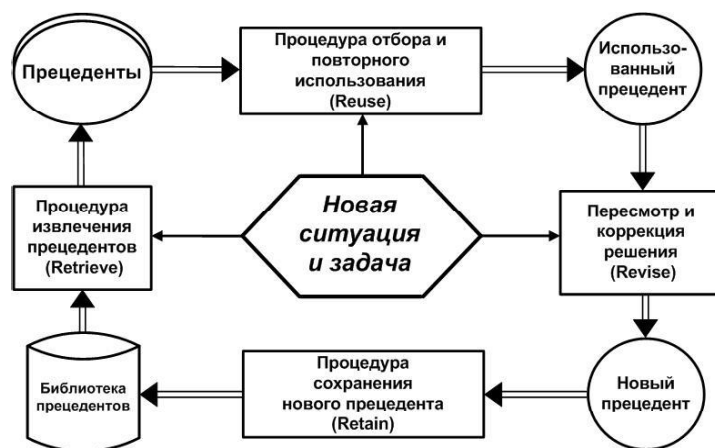


Рисунок 1 – Общее представление прецедентного цикла принятия решений в подобных ситуациях

Модель каждого прецедента включает описание трех основных компонент: ситуации, решения задачи, результата применения решения. В тех случаях, когда такого описания недостаточно для реализации прецедентного цикла используется онтология (формальное описание) предметной области, к которой относится рассматриваемая задача принятия решений. Онтология, в свою очередь, включает: конечное множество концептов (понятий, терминов), конечное множество отношений между концептами, конечное множество функций интерпретации, заданных на концептах и отношениях.

Задачи оперативного управления и календарного планирования работы сложных технологических агрегатов и комплексов циклического класса обычно формулируются и решаются на базе функциональных, физико-химических, балансовых и других моделей объектов управления. Примерами такого рода систем являются современные АСУТП сталепла-

вильных агрегатов (конвертеров, дуговых печей), камерных нагревательных и термических печей, коксовых батарей, прокатных станов, производств по изготовлению резервуарных конструкций, сложных станков и транспортных средств, комплексов комбайновой добычи угля в шахтах и т.д. Их недостатком является наличие значительных ошибок в управляющих воздействиях, которые обусловлены неточностью используемых моделей, неполнотой информации об изменениях свойств объекта управления и многовариантных возмущающих воздействий. В таких АСУТП не учитывается тот факт, что каждый цикл работы объекта порождает не только материальные продукты (технические изделия, материалы, энергию), но и массивы данных, представляющих собой информационную модель конкретного технологического цикла.

Выше представленный прецедентный подход к выбору управляющих решений (воздействий), в виде программы управления каждым предстоящим технологическим циклом, позволяет гораздо более полно использовать оперативную информацию о работе объекта и управляющей системы и, за счет этого, – уменьшить количество ошибок управления (повысить его эффективность). Далее рассмотрим, как должна выглядеть функционально-алгоритмическая структура системы управления агрегатом циклического действия, которая основана на прецедентном подходе к выработке программ управления регулярными (повторяющимися) циклами.

При разработке автоматизированных процедур управления СТО важно учитывать, что каждый технологический цикл часто не является точным повторением ранее реализованных циклов. Последние в той или иной степени различаются: целями управления (свойствами и характеристиками выпускаемого продукта), изменяющимися свойствами и параметрами технологического агрегата (из-за его старения, применения разных материалов и режимов, изменения нагрузки), опытом и приемами управления разных операторов – технологов, свойствами внешних (возмущающих) воздействий. Представленный на рисунке 1 прецедентный цикл формирования и реализации программ управления такими объектами должен быть так изменен и дополнен, чтобы учитывались названные особенности и отличительные черты.

Задача прецедентного управления СТО может быть сформулирована следующим образом.

Дано: а) Содержательное описание действующего сложного технологического объекта в соответствии с рисунком 2.



Рисунок 2 - Общее представление объекта управления – сложного технологического агрегата (комплекса)

$Y_j^d(t), U_j^d(t), W_K^d(t)_j, W_{HK}^d(t)_j$ – действительные выходные воздействия СТО на внешнюю среду в j -ом технологическом цикле в момент времени t , действительные управляющие воздействия на СТО, действительные контролируемые внешние воздействия на СТО, действитель-

ные неконтролируемые внешние воздействия на СТО, соответственно;

$Y_j^n(t_i), U_j^n(t_i), W_K^H(t_i)_j, S_j^n(t_i)$ - вектор натуральных измерительных сигналов (данных) о выходных воздействиях объекта, относящихся к j -му технологическому циклу и дискретному моменту времени t_i , вектор сигналов о натуральных управляющих воздействиях на объект, вектор натуральных сигналов о контролируемых внешних воздействиях (возмущениях), вектор натуральных сигналов, характеризующих состояние объекта в j -ом цикле в момент t_i ; $Z_j^n(t_i)$ - обобщенный вектор натуральных сигналов, получаемых от датчиков-преобразователей $\uparrow \downarrow DP_U, DP_S, DP_Y, DP_W$; – условное обозначение исполнительных механизмов (ИМ) и датчиков-преобразователей (ДП).

б) Ретроспективная информационная модель работы действующей системы управления в виде базы данных о параметрах $\{Z_{j-m}^n(t_i); m=1,2,...,M; t_i(j-m) \in T_{j-m}\}$ фактически реализованных технологических циклов.

в) Разностные (пересчетные) математические модели влияния приращений $\Delta u_p(t_i) = u_p^n(t_i) - u_p(t_i)$ управляющих воздействий $u_p(t_i) \in U_j(t_i), p \in P_j$ и контролируемых возмущений $\Delta w_{kr}(t_i) = w_{kr}^H(t_i) - w_{kr}(t_i)$ на изменения выходных переменных $\Delta y_n^{HM}(T_j)$ и состояний $\Delta s_m^{HM}(T_j)$ объекта на момент окончания технологического цикла.

г) Критерий оптимальности управления технологическим циклом T_j , например суммарные затраты $Q(T_j)$ на реализацию цикла.

д) Ограничения на управляющие воздействия типа $U_j(t_i) \in \Omega(U, T_j)$, где $\Omega(U, T_j)$ - область допустимых значений составляющих вектора управлений в цикле T_j .

е) Информация о стартовом состоянии $\tilde{S}(t_0)_{j+1}$ объекта управления на момент t_0 начала очередного $(j+1)$ – го периода (цикла) его работы, а также о контролируемых возмущениях $\tilde{W}_K(t_0)_{j+1}$.

Требуется: модифицировать метод принятия решений на основе прецедентов применительно к управлению СТО циклического действия, конкретизировать его в форме процедуры (алгоритма) формирования и реализации программ управления и функциональной структуры прецедентной системы управления.

Эффективность метода прецедентов применительно к управлению СТО циклического действия во многом зависит от количества высококачественных и актуальных прецедентов (соответствующих текущему состоянию объекта, внешним воздействиям и заданию предстоящего технологического цикла, а также безошибочным решениям, операторов – технологов в ближайших прошлых циклах). При значительном разнообразии заданий на выпуск продукции (например, в современном сталеплавильном конвертерном цехе может выплавляться более 150 марок стали), а также при большой мощности множества ситуаций по внешним воздействиям и ошибкам измерений, отобрать хотя-бы 5 безупречных прецедентов на каждый вид продукции весьма сложно. Поэтому целесообразно, по окончании каждого технологического цикла не отбрасывать ошибочные решения, а корректировать их, решая задачу ретроспективной оптимизации. При этом можно опираться на подобную оптимизацию в методе восстановительно-прогнозирующего автоматического управления, описанном в работах [6,7] и защищенном рядом патентов на изобретения.

Отбор прецедентов из множества прошлых технологических циклов по отношению к предстоящему циклу может осуществляться исходя из совпадения целей и ограничений, близости параметров качества получаемой продукции, близости продолжительности свершившегося и предстоящего циклов, близости начальных условий, а также из наименьших затрат на выпуск единицы продукции.

Процедура решения выше сформулированной задачи на основе метода прецедентов

включает следующие составляющие:

1. Контроль параметров $Z_j^H(t_i) = \{Y_j^H(t_i), S_j^H(t_i), W_K^H(t_i), U_j^H(t_i), t_i \in [0, T_j]\}$ и расчет оценок показателей $Q_m(T_j) = F_m\{Z_j^H(t_i), t_i \in [0, T_j]\}, m \in M_E$ эффективности системы управления по ходу и по окончанию j -го временного отрезка $[0, T_j]$. В частности, в качестве основного показателя эффективности можно использовать затраты на реализацию j -го технологического цикла. Компоненты вектора $Z_j^H(\cdot)$ имеют вид:

$$\begin{aligned} Y_j^H(t_i) &= [y_1^H(t_i), \dots, y_n^H(t_i), \dots, y_N^H(t_i)]_j & S_j^H(t_i) &= [s_1^H(t_i), \dots, s_l^H(t_i), \dots, s_L^H(t_i)]_j \\ & ; & & \\ W_{Kj}^H(t_i) &= [w_{K1}^H(t_i), \dots, w_{Kr}^H(t_i), \dots, w_{KR}^H(t_i)]_j ; & U_j^H(t_i) &= [u_1^H(t_i), \dots, u_p^H(t_i), \dots, u_P^H(t_i)]_j \end{aligned} \quad (1)$$

Все данные об измеренных значениях параметров $Z_j^H(t_i)$, о фактически реализованной программе управления $PR(j, t_i)$, а также об оценках расчетных показателей $\{Q_m^H \cdot (T_j)\}$ размещаются в специальной базе.

2. Ретроспективная оптимизация (по окончании j -го технологического цикла) фактически реализованной программы:

$$PR^H(j, t_i) = \{u_1^H(t_{i1}, \tau_1), \dots, u_p^H(t_{pi}, \tau_p), \dots, u_P^H(t_i, \tau_P); Y_j^H(t_i); S_j^H(t_i); t_i, t_{pi} \in [0, T_j]\} \quad (2)$$

где $\{u_1^H(\cdot), \dots, u_P^H(\cdot); t_i \in [0, T_j]\}$ - фактическая программа управлений;

$Y_j^H(\cdot)$ - фактическая программа выходных переменных объекта;

$S_j^H(\cdot)$ - фактическая программа переменных состояния объекта;

$\tau_1, \dots, \tau_p, \dots, \tau_P$ - длительности нанесения $1, \dots, p, \dots, P$ -го управляющих воздействий;

t_i - текущий (i -ый) момент времени, относящийся к циклу $[0, T_j]$;

t_{pi} - момент начала нанесения p -го управляющего воздействия. Оптимизация осуществляется в соответствии с формулой (3):

$$PR^O(j, t_i) = \begin{cases} PR^H(j, t_i), \text{ при } Y_j^H(T_j) = Y_j^*(T_j); S_j^H(T_j) = S_j^*(T_j); \\ Ag\{PR^H(j, t_i); t_i, t_{pi} \in [0, T_j]\}; \text{ при } Y_j^H(T_j) \neq Y_j^*(T_j); S_j^H(T_j) \neq S_j^*(T_j) \end{cases} \quad (3)$$

где $PR^O(j, t_i)$ - оптимизированная программа управления для j -го технологического цикла;

$Ag\{\cdot\}$ - оператор (алгоритм) ретроспективной оптимизации [6,7] фактической (натурной) программы $PR^H(j, t_i)$, реализованной в период $[0, T_j]$; $Y_j^*(T_j), S_j^*(T_j)$ - заданные значения выходных переменных и переменных состояния объекта по окончании технологического цикла, т.е. в момент времени $t_i = T_j$.

$$PR^O(j, t_i) = \{u_1^O(t_{i1}, \tau_1), \dots, u_p^O(t_i, \tau_p); Y_j^O(t_i); S_j^O(t_i); W_K(j, t_i); t_i, t_{pi} \in [0, T_j]\} \quad (4)$$

Первая строка формулы (3) соответствует случаю, когда фактические и заданные значения целевых переменных $Y_j^H(T_j), S_j^H(T_j), Y_j^*(T_j), S_j^*(T_j)$ практически (с заданной точностью) совпадают, то есть оператор $Ag\{\cdot\} = 1$. Вторая строка реализуется тогда, когда указанные значения целевых переменных существенно различаются.

Оператор $Ag\{\cdot\}$ использует разностную математическую модель объекта управления следующего вида:

$$\begin{cases} \Delta y_n^{HM}(T_j) = \Phi_n \{ [u_p^H(t_i) - u_p(t_i)]_j; p \in [1, P]; n \in [1, N]; u_p^H, u_p \in U_j^H \}, \\ \Delta s_m^{HM}(T_j) = F_m \{ [u_p^H(t_i) - u_p(t_i)]_j; m \in [1, M]; p \in [1, P]; u_p^H, u_p \in U_j^H \}, \end{cases} \quad (5)$$

где $\Phi_n\{\cdot\}, F_m\{\cdot\}$ операторы пересчетного (разностного) вида, которые в простейшем виде представляют собой таблицы коэффициентов пересчета:

$$\Delta u_p \rightarrow \Delta y_n; \quad \Delta u_p \rightarrow \Delta s_m \quad (6)$$

Оптимизированные программы управления $\{PR^O(j, t_i); j \in J; t_i \in [0, T_j]\}$ размещаются в специальной базе оптимальных (рациональных) программ, которые рассматриваются как прецеденты на этапе формирования программ управления предстоящих технологических циклов.

3. Формирование подмножества актуальных прецедентов для предстоящего $(j+1)$ -го периода работы объекта.

$$\{\hat{PR}(j-m), m \in [0, M]\} \leftarrow B\{[Y_{j-m}^O(T), Y_{j+1}^*(T), m = \overline{0, M}]; [S_{j-m}^O(T), S_{j+1}^*(T), m = \overline{0, M}]\}, \quad (7)$$

где $B\{\cdot\}$ - алгоритм отбора прецедентов, которые соответствуют заданным значениям целевых переменных $Y_{j+1}^*(T), S_{j+1}^*(T)$ предстоящего $(j+1)$ -го цикла.

Отбор программ $\{\hat{PR}(j-m)\}$ осуществляется по критерию максимальной близости значений $y_{j-m}^O(T), s_{j-m}^O(T)$ к заданным значениям $y_{j+1}^*(T), s_{j+1}^*(T)$. Элементы множества $\{\hat{PR}(j-m), m \in [0, M]\}$ упорядочиваются по убыванию критерия близости.

4. Интерактивный выбор оператором – технологом той ретроспективно-оптимальной программы $PR^*(j+1, t_i)$ из упорядоченного множества $\{\hat{PR}(j-m)\}$, которая соответствует его предпочтениям: $PR^*(j+1, t_i) \in \{\hat{PR}(j-m), m \in [0, M]\}$.

5. Корректировка выбранной программы-прецедента $PR^*(j+1, t_i)$ при наличии существенных отклонений параметров возмущений $W_K^H(j+1, t_i)$, предстоящего цикла работы ТООУ от соответствующих параметров $W_K(j+1, t_i)$ выбранной программы. При этом используется разностная математическая модель (5), которая дополнена разностной моделью влияния контролируемых возмущающих воздействий.

На рисунке 3 представлена функциональная схема системы управления, которая реализует выше описанную процедуру формирования программ управления сложным объектом на базе прецедентного подхода.

Важным вопросом по отношению к данной схеме является вопрос об отличиях и преимуществах данного метода управления СТО от других методов, в частности метода, основанного на типопредставителях [12] или метода, использующего ретроспективный анализ аналогов и прототипов [13,14]. Считаем, что главным отличием (и преимуществом) является использование, в режиме реального времени, данных о работе действующей системы управления, оперативное накопление и отбор лучших практик управления [15]. При этом не требуется строить и непрерывно корректировать математическую модель сложного объекта управления. Можно ограничиться пересчетными коэффициентами по отношению к фактически реализованным управлениям и контролируемым возмущениям.

В качестве конкретного примера использования представленного прецедентного подхода рассмотрим задачу построения планограммы работ очистного комбайнового комплекса КМ138 (с комбайном РКУ 13) в течение смены [16,17,18]. Планограмма выполняется сменным звеном, включающем 10-11 человек (машинист комбайна, 7 горнорабочих, 2-3 элект-

рослесаря). Параметры угольного пласта: мощность 1,8 м, длина лавы -180 м. Ширина захвата угольного комбайна – 0,63 метра. Номинальная скорость хода комбайна – 5 м/мин. Нормативное время обслуживания (за один рабочий цикл) – 30 мин.

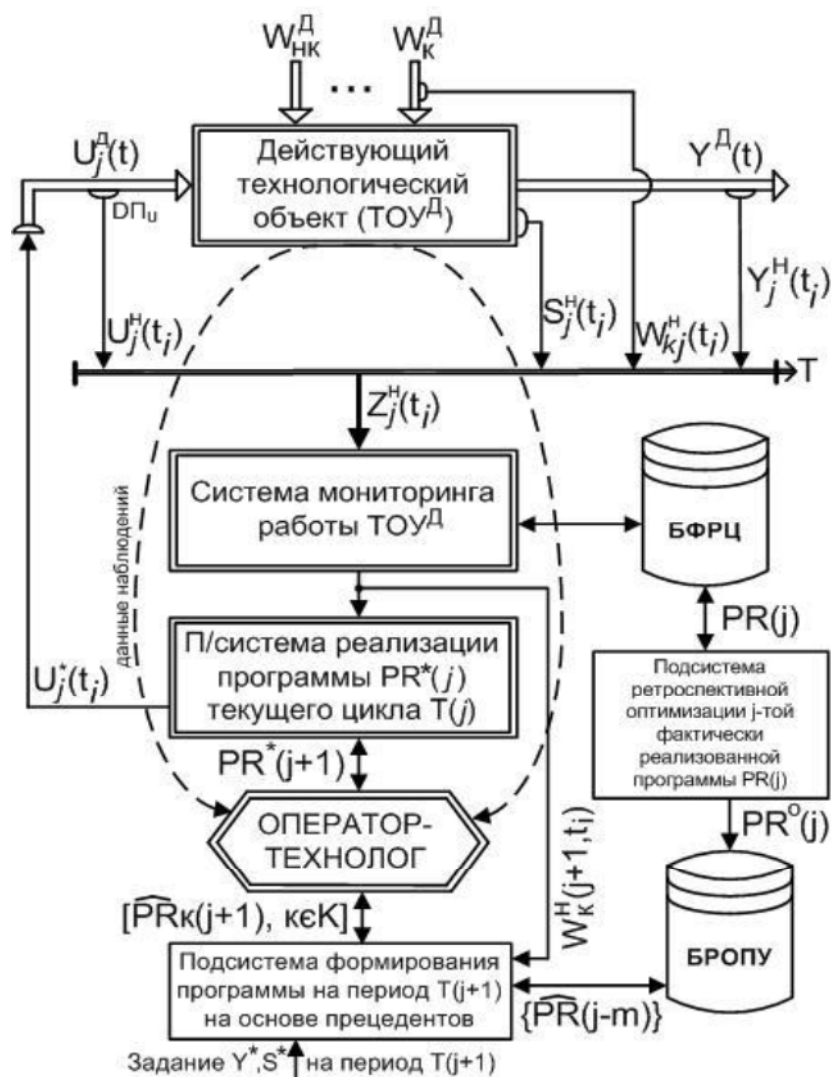


Рисунок 3 – Схема формирования и реализации программ управления сложным технологическим объектом на основе прецедентов

(БФРЦ – база данных о фактически реализованных технологических циклах; БРОПУ – база ретроспективно-оптимальных программ управления; $PR(j), PR^o(j)$ – фактически реализованная и оптимизированная программа работы объекта в период T_j соответственно; $PR^*(j+1)$ - заданная программа работы на период $T(j+1)$; $\{\hat{PR}(j-m)\}$ - программы из базы БРОПУ за периоды $\{T(j), T(j-1), \dots, T(j-m)\}$).

В каждом рабочем цикле звено выполняет следующие типовые операции: подготовительно-заключительные, зарубка комбайна, управление комбайном при выемке угля, вспомогательные операции, передвижка секций крепи, зачистка основания крепи, подготовка комбайна к перегону, управление комбайном при перегоне, ручная зачистка угля не погруженного комбайном, подготовка к передвижению конвейера, передвижка конвейера, сопряжение лавы с конвеерным штреком, сопряжение лавы с вентиляционным штреком.

В качестве планогаммы - прецедента выбран график, показанный на рисунке 4, который характеризуется безаварийной работой в течение смены. Его временные характеристики

показаны в 1-й строке таблицы 1.

Таблица 1 - Расчетные параметры циклов рабочей смены

№ пп	Момент начала смены t_o	Время приема-передачи смены, мин	Начало/окончание технологических циклов, мин				Скорость рабочего хода комбайна, м/мин.				Скорость перегона комбайна по циклам, м/мин.				Паузы между циклами, мин.			Программы
			T_1	T_2	T_3	T_4	V_1^*	V_2^*	V_3^*	V_4^*	V_1^n	V_2^n	V_3^n	V_4^n	τ_1	τ_2	τ_3	
1	0	38	$\frac{38}{125}$	$\frac{125}{210,5}$	$\frac{210,5}{297,5}$	$\frac{297,5}{384,5}$	5,4	5,0	5,0	5,0	5,4	5,0	5,0	5,0	$7,5 \times 4$	$7,5 \times 4$	6×3	PR_j
2	0	19,5	$\frac{19,5}{104,5}$	$\frac{104,5}{190,0}$	$\frac{190,0}{275}$	$\frac{275}{360}$	5,5	5,9	5,0	5,0	5,5	5,9	5,0	5,0	$6,8 \times 4$	$6,8 \times 4$	$5,9 \times 4$	PR_j^o

Недостатком прецедента является неполное завершение последнего (4-го) цикла работы на момент окончания смены. Потерянное время составило 24,5 мин. Оптимизация планограммы может быть выполнена путем сокращения с 38 до 19,5 минут времени на прием – передачу смены и на 0,1 - 0,2 мин – времени пауз между циклами. Параметры оптимизированной планограммы приведены во второй строке таблицы 1.

Отметим, что приведенный пример формирования планограмм является иллюстративным (упрощенным). Реальная задача такого рода требует полной регистрации всех процессов и действий рабочего звена в течение каждой смены, подробного ретроспективного анализа и оптимизации планограммы не только по критерию производительности, но и по критерию безопасности, а также по другим показателям.



Рисунок 4 – Планограмма работы звена, выбранная в качестве прецедента

Библиографический список

1. Богдановская И.Ю. Прецедентное право.-М.: Наука, 1993.-239 с.
2. Варшавский П.Р. Метод поиска решений в интеллектуальных системах поддержки принятия решений на основе прецедентов / П.Р. Варшавский, Р.В. Алехин //International Journal "Information Models and Analyses" vol. 2, №4, 2013, с. 386-392.
3. Малых В.Л. Управляемый стохастический прецедентный процесс с памятью как математическая модель лечебно – диагностического процесса /В.Л. Малых, Я.Н. Гулиев //Информационные технологии и вычислительные системы.-2014.-№2 с. 92-99.
4. Карпов Л.Е. Адаптивное управление по прецедентам, основанное на классификации состояний управляемых объектов./Л.Е. Карпов, В.Н. Юдин //Труды института системного программирования РАН, т.13,ч.2.-М., 2007,-с. 37-57.
5. Авдеенко Т.В. Система поддержки принятия решений в IT-подразделениях на ос-

нове интеграции прецедентного подхода и онтологии /Т.В. Авдеенко, Е.С. Макарова // Вестник АГТУ. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика, №3.-Астрахань: Издательство АГТУ, 2017.-с. 85-99.

6. Авдеев В.П. Восстановительно–прогнозирующие системы управления / В.П. Авдеев, В.Я. Карташев, Л.П. Мышляев, А.А. Ершов.-Кемерово: КемГУ, 1984.-89 с.

7. Авдеев В.П. О восстановительно–прогнозирующем регулировании технологических процессов /В.П. Авдеев, Л.П. Мышляев, В.Н. Соловьев // Известия вузов. Черная металлургия.-1978.-№10.-с. 165-168.

8. Большой словарь иностранных слов.-М.:ЮНБЕС, 2003.-784 с.

9. Электронный ресурс: www.grandars.ru . Дата обращения: 13.11.2017.

10. Aomond A., Plaza E. Case-Based Reasoning: Foundation Issues. Methodological Variation's and System Approaches // Artificial Intelligence Communications. JOS Press. 1994.-Vol.7,№1,-р.29-59.

11. Варшавский П.Р. Методы правдоподобных рассуждений на основе аналогий и прецедентов для интеллектуальных систем поддержки принятия решений / П.Р. Варшавский, А.П. Еремеев // Искусственный интеллект и принятие решений. 2006. №3.-с.39-62.

12. Авдеев В.П. Выбор типопредставителей в задачах исследования и управления /В.П. Авдеев, Г.А. Бегищев, А.В. Пинтов, С.Р. Зельцер // Известия вузов. Черная металлургия – 1980.-№6.-с.98-102.

13. Мышляев Л.П. Планирование длительности выполнения проекта на основе ретроспективного анализа / Л.П. Мышляев, В.В. Грачев, А.А. Ивушкин., А.П. Бражников // Системы управления и информационные технологии.-2007.-№2.2(28).- с. 273-276.

14. Авдеев В.П. Человеко-машинное прогнозирование программ управления конвертерной плавкой / В.П. Авдеев, В.И. Соловьев, Ю.Н. Борисов, А.Е. Кошелев, В.И. Веревкин // Известия вузов. Черная металлургия.-1974.-№10.-с. 163-165.

15. Зимин В.В. Основы управления жизненным циклом сервисов систем информатики и автоматизации: (лучшие практики ITIL) /В.В. Зимин, А.А. Ивушкин, С.М. Кулаков, К.А. Ивушкин.-Кемерово: Кузбассвуиздат, 2013.-500 с.

16. Васюченков Ю.Ф. Горное дело. Учебник. М.: Недра, 1990.-512 с.

17. Пучков Л.А. Подземная разработка месторождений полезных ископаемых. Том 2 / Л.А. Пучков, Ю.А. Жежелевский.-М.: Горная книга, 2013.-720 с.

18. Милехин Г.Г. Процессы очистных работ. Методические указания по выполнению самостоятельных работ и курсового проектирования для студентов заочного обучения специальности 130404.-Подземная разработка месторождений полезных ископаемых /Г.Г. Милехин, А.Н. Любин. Мурманск: изд-во Апатитского филиала МурГТУ, 2006 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОМЕРНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В ПРОСТРАНСТВЕ СОСТОЯНИЙ И ВЕЙВЛЕТ-СРЕДЕ

Федосенков Д.Б.¹, Симикина А.А.², Федосенков Б.А.²

¹*Сибирская генерирующая компания, г. Москва, Россия*

²*Кемеровский технологический институт пищевой промышленности,
г. Кемерово, Россия*

С внесением понятия "wavelets" в сферу управления возникла необходимость введения и разделения понятий "одномерно-точечные" и "многомерно-точечные" САУ. В первых - в каждой физической точке системы рассматривается одномерный (1D-) сигнал, в САУ второго типа - многомерный (MD-сигнал). При этом и те, и другие САУ можно именовать и рассматривать как многомерные системы, но вкладывая в эти понятия различную семантику: 1) одномерно-точечные САУ с точки зрения метода пространства состояний как базового аппарата теории управления в рамках современной парадигмы представляют собой многомерные,

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ	5
О РАЗВИТИИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ.....	7
Мышляев Л.П., Венгер К.Г., Ивушкин К.А, Макаров В.Н.	
ПРЕЦЕДЕНТНЫЙ ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ ПРОГРАММ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ ЦИКЛИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ.....	11
Кулаков С.М., Трофимов В.Б., Добрынин А.С., Тараборина Е.Н.	
ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОМЕРНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В ПРОСТРАНСТВЕ СОСТОЯНИЙ И ВЕЙВЛЕТ-СРЕДЕ.....	19
Федосенков Д.Б., Симилова А.А., Федосенков Б.А.	
ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-МОДЕЛИРУЮЩИХ СИСТЕМ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ЭНЕРГОЕМКИМИ ПИРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ.....	24
Спирин Н.А., Лавров В.В., Павлов А.В., Полинов А.А., Онорин О.П.	
ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ АГРЕГАЦИИ, ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА СЛОЖНЫХ СИСТЕМ ПО ЭМПИРИЧЕСКИМ ДАННЫМ.....	29
Добронец Б.С., Попова О.А	
СИСТЕМЫ СТИМУЛИРОВАНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....	34
Грачев В.В., Ивушкин К.А., Мышляев Л.П.	
СЕКЦИЯ 1. АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ.....	45
РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ СОЗДАНИЯ МОБИЛЬНОГО МЕСТА ОПЕРАТОРА ДЛЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ОСНОВЕ СОВМЕЩЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ НЕЙРОКОМПЬЮТЕРНОГО ИНТЕРФЕЙСА И ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ.....	47
Кизилев С.А., Никитенко М.С., Neogi B.	
ИНФРАСТРУКТУРА WEB-ОРИЕНТИРОВАННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-МОДЕЛИРУЮЩИХ СИСТЕМ.....	51
Гурин И.А., Лавров В.В., Спирин Н.А.	
ПРОБЛЕМЫ РЕКОНСТРУКЦИИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ УГЛЕОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК.....	55
Мышляев Л.П., Ляховец М.В., Леонтьев И.А., Венгер К.Г., Саламатин А.С.	
FIREFIGHTER – ИНТЕРАКТИВНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ПЕРСОНАЛА ТАКТИКЕ БОРЬБЫ С ПРИРОДНЫМИ ПОЖАРАМИ.....	57
Буслов И.А., Доррер А.Г., Доррер Г.А., Кобыжакова С.В., Яровой С.В.	
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВЕРХНЕГО УРОВНЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ «АНТОНОВСКАЯ»	61
Грачев В.В., Прокофьев С.В., Лысенко О.Н., Циряпкина А.В., Иванов Д.В.	

Научное издание

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ В ОБРАЗОВАНИИ, НАУКЕ И ПРОИЗВОДСТВЕ AS' 2017

**Труды XI Всероссийской научно-практической конференции
(с международным участием)
14-16 декабря 2017 г.**

Под общей редакцией
д.т.н., проф. С.М. Кулакова,
д.т.н., проф. Л.П. Мышляева

Материалы докладов изданы в авторской редакции.

Подписано в печать 30.11.2017 г.
Формат бумаги 60х84 1/8. Бумага писчая. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 27,6. Уч.-изд. л. 30,0. Тираж 300 экз. Заказ № 644

Сибирский государственный индустриальный университет
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42.
Издательский центр СибГИУ