

МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ БАЗЫ ЗНАНИЙ ДЛЯ АКТИВНЫХ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ

Д. Ю. Муромцев, В. В. Ермолаев, А. Ю. Коток

ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов

Рецензент д-р техн. наук, профессор М. В. Соколов

Ключевые слова и фразы: активные экспертные системы; виды функций оптимального управления; задача оптимального управления; когнитивное моделирование.

Аннотация: Рассмотрены концептуальные принципы активных экспертных систем с непрерывно развивающейся базой знаний. Приведены примеры, иллюстрирующие основные положения систем данного класса из проблемной области задач оптимального управления сложными объектами.

Большинство разрабатываемых экспертных систем (ЭС) не доводятся до промышленного прототипа [1]. Во многом это связано с необходимостью больших временных и материальных затрат, снижением со временем актуальности решаемых задач, появлением в предметной области новых задач, в решении которых ЭС не может оказать помощь пользователю. Важным фактором повышения эффективности создаваемых ЭС является дальнейшая их интеллектуализация и непрерывное расширение базы знаний (БЗ).

Далее приведены основные положения методики проектирования активных экспертных систем (ЭСА) применительно к режиму «активность».

1. Формализуется типовая задача предметной области, разрабатывается вид кортежной модели, однозначно отображающей специфику множества задач предметной области. В качестве примера приведена постановка задачи энергосберегающего управления динамическими режимами технологических установок (тепловыми аппаратами, машинами с электроприводами) и транспортных средств. Задана модель динамики объекта управления

Муромцев Дмитрий Юрьевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»; Ермолаев Владимир Викторович – аспирант кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем», e-mail: crems@crems.jesby.tstu.ru; Коток Андрей Юрьевич – студент, ТамбГТУ, г. Тамбов.

$$\dot{z} = f(z(t), u(t) / A, B), \quad t \in [t_0, t_k], \quad (1)$$

минимизируемый функционал

$$F(u(t), z(t)) \rightarrow \min_{u(t)}, \quad (2)$$

ограничения на вектор управления

$$g(u(t)) \in G_{\text{доп}} \quad (3)$$

и траектория изменения вектора фазовых координат

$$z(\cdot) = (z(t), t \in [t_0, t_k]) \in Z(\cdot), \quad (4)$$

где t_0, t_k – моменты времени начала и конца временного интервала управления; A, B – массивы (матрицы) параметров модели объекта; $G_{\text{доп}}, Z(\cdot)$ – допустимые области изменения $u(t)$ и $z(\cdot)$ соответственно; F – вид функционала.

Требуется определить оптимальное управление $u^*(t), t \in [t_0, t_k]$, при котором выполняются ограничения (3), (4) и функционал (2) достигает минимума, а также стратегию S реализации $u^*(t)$.

Если минимизируются затраты энергии, то при скалярном управлении

$$F_3 = \int_{t_0}^{t_k} u^2(t) dt, \quad (5)$$

если же минимизируется расход топлива, то

$$F_T = \int_{t_0}^{t_k} |u(t)| dt. \quad (6)$$

Ограничение (6) обычно имеет вид

$$G_{u,t}: \forall t[t_0, t_k]: (t) \in [u_n, u_b]. \quad (7)$$

Ограничения (7) может записываться как закрепление концов фазовой траектории

$$G_{z, \text{гп}}: z(t_0) = z^0 \rightarrow z(t_k) = Z^k. \quad (8)$$

Если модель (1) имеет вид двойного апериодического звена (ДА), то есть

$$\begin{pmatrix} \dot{z}_1 \\ \dot{z}_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ a_1 & a_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} z_1(t) \\ z_2(t) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ b \end{pmatrix} u(t), \quad (9)$$

минимизируется функционал затраты энергии (5), должны выполняться ограничения (7), (8) и управление реализуется с применением программной стратегии $S_{\text{пр}}$, то кортежная модель записывается следующим образом

$$\langle DA; F_3; S_{\text{пр}}; G_{u,t}; G_{z, \text{гп}} \rangle. \quad (10)$$

Кортежная запись (10) однозначно характеризует задачу оптимального управления, (5) – (9) с использованием программной стратегии.

2. Вводятся множества возможных значений для каждой компоненты кортежной модели. Например, множество \mathcal{F} для компоненты F кроме функционалов (5), (6), время выхода на значение Z^k , квадратичный функционал и ряд других.

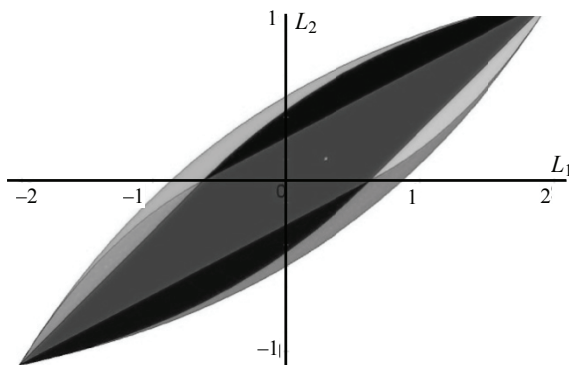
3. Формируется состав результатов, получаемых в каждой задаче. Для этого выполняется полный анализ соответствующей задачи оптимального управления (ЗОУ) [2, 3]. Принципиально к задаче (10) результаты анализа должны позволять по задаваемому массиву исходных данных

$$R = (a_1, a_2, u_n, u_b, z_1^0, z_2^0, z_1^k, z_2^k, t_0, t_k) \quad (11)$$

оперативно определить выполняется ли условие существования решения задачи, какой вид имеет функция ОУ и каковы значения ее параметров. Кроме того, необходимо оценить значение минимизируемого функционала и рассчитать траектории изменения фазовых координат. Таким образом, результаты полного анализа ЗОУ должны включать расчетные соотношения для проверки существования решения ЗОУ, определения вида функции ОУ и ее параметров; формулы расчета значения функционала и траекторий фазовых координат. Если решение ЗОУ не существует, то должна иметься возможность получить информацию о том, какие компоненты массива (11) и насколько требуется изменить, чтобы решение задачи существовало.

4. Формируется массив методов, с помощью которых могут быть получены результаты полного анализа исследуемых задач. Обеспечение гарантированности результатов анализа достигается за счет использования разных методов при их получении. В частности набор методов при анализе ЗОУ может включать вариационное исчисление, принцип максимума, динамическое программирование, метод синтезирующих переменных и другие.

5. Для удобства представления пользователю результатов полного анализа задач используется когнитивное моделирование. На рисунке приведен фрагмент когнитивной модели, содержащей результаты решения задачи (10). Когнитивная модель визуализирует результаты полного анализа и позволяет пользователю получать дополнительную информацию, например, какие возможны другие виды функций ОУ при незначительном изменении компонентов массива (11) [4].



Когнитивная модель, отражающая результаты полного анализа ЗОУ

6. Вводятся приоритеты, определяющие очередность разработки новых фреймов БЗ.

7. Выбираются программные продукты, необходимые для реализации ЭСА в соответствии с рассмотренной методикой.

Заключение. Введено понятие «активной» экспертной системы с непрерывно развивающейся базой знаний и предложена методика ее проектирования.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 14-08-00489 А.

Список литературы

1. Уотермен, Д. Руководство по экспертным системам : пер. с англ. / Д. Уотермен. – М. : Мир, 1989. – 388 с.

2. Применение экспертной системы для оптимального управления технологическими процессами / С. В. Артемова [и др.] // Информ. технологии в проектировании и пр-ве. – 1997. – № 1. – С. 12 – 16.

3. Муромцев, Д. Ю. Методы и алгоритмы синтеза энергосберегающего управления технологическими объектами : монография / Д. Ю. Муромцев. – Тамбов ; М. ; СПб. ; Баку ; Вена : Нобелистика, 2005. – 202 с.

4. Муромцев, Д. Ю. Особенности создания систем энергосберегающего управления на множестве состояний функционирования / Д. Ю. Муромцев, Н. Г. Чернышов // Автоматика и вычислительная техника. – 2008. – № 3. – С. 74 – 82.

References

1. Waterman D.A. *Rukovodstvo po ekspertnym sistemam* (A Guide to Expert Systems), Moscow: Mir, 1989, 388 p.

2. Artemova S. V., Muromtsev D.Yu., Ushanev S.B., Chernyshov N.G. *Information Technologies in Design and Production*, 1997, no. 1, pp. 12-16.

3. Muromtsev D.Yu. *Metody i algoritmy sinteza energosberegayushchego upravleniya tekhnologicheskimi ob"ektami* (Methods and algorithms for synthesis of energy-saving control technology objects), Tambov, Moscow, St. Petersburg, Baku; Vienna: Nobelistika, 2005, 202 p.

4. Muromtsev D.Yu., Chernyshov N.G. *Automatic Control and Computer Sciences*, 2008, no. 3, pp.74-82.

Methodology of Designing Knowledge Base for Active Expert Systems

D. Yu. Muromtsev, V. V. Ermolaev, A. Yu. Kotok

Tambov State Technical University, Tambov

Key words and phrases: active expert systems; cognitive modeling; optimal control problem; types of optimal control functions.

Abstract: The paper studies conceptual principles of active expert systems with continuously developing knowledge base. The examples illustrating the main provisions for the given type systems related to optimal control of complex objects.

© Д. Ю. Муромцев, В. В. Ермолаев, А. Ю. Коток, 2014