

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ (СИСТЕМАМИ)

ANALYSIS OF CONTROL SYSTEMS FOR COMPLEX DYNAMIC OBJECTS (SYSTEMS)

В статье проводится анализ возможностей автоматизированных систем управления сложными динамическими объектами (СДО), обозначены требования, предъявляемые к ним, и условия повышения эффективности их работы.

Ключевые слова: автоматизированные системы управления, сложные динамические системы, интеллектуальные информационные системы.

The article analyses the opportunities of automated control systems for complex dynamic objects (CDO), and considers their required standards, and conditions of their efficiency rise.

Keywords: automated control systems, complex dynamic systems, intelligent information systems.

Повышение эффективности управления сложными системами, функционирование которых преследует весьма важные и ответственные цели и происходит в различных, часто агрессивных внешних условиях, является актуальной и трудноразрешимой проблемой [1].

Рассматриваемые в качестве объектов управления сложные динамические системы имеют следующие *базовые свойства* (системообразующие факторы) [2]:

- целостность и возможность декомпозиции на элементы A (объекты, подсистемы);
- наличие стабильных связей (отношений) R между элементами A ;
- упорядоченность (организация) элементов в определенную структуру (Str);
- наделение элементов параметрами (P);
- наличие синергетических (интегративных) свойств Q , которыми не обладает ни один из элементов системы;
- наличие множества законов, правил и операций Z с вышеназванными атрибутами системы;
- наличие цели функционирования и развития (G).

Таким образом, система есть совокупность:

$$Syst = \{A, Str, Q, R, Z, G\}. \quad (1)$$

¹ Кандидат технических наук, доцент кафедры ИТиЕНД НОУ ВПО «Российский новый университет».

Типы сложных динамических объектов [1]:

- мобильные объекты;
- объекты с сетевой, территориально распределенной структурой;
- сложные человеко-машинные системы;
- организационные системы.

Макропроцесс принятия решений включает следующие этапы:

- определение необходимости управления;
- сбор и анализ информации о ситуации;
- распознавание ситуации;
- определение целей управления ситуацией при решении проблемы;
- разработку критериев оценки эффективности решений;
- генерацию перечня возможных решений;
- прогнозирование последствий управляющих решений;
- оценку вариантов решений, планирование действий;
- реализацию управляющих воздействий и контроль их эффективности.

Процесс управления сложными системами характеризуется:

- неопределенностью и недостаточностью знаний о значениях характеристик объекта в соответствующих ситуациях, о целях и о ресурсах управления, в том числе временных, и другими видами неопределенностей;
- проблемой выбора наиболее информативных признаков текущей ситуации из большого

количества параметров состояния объекта, которые можно получить и проанализировать за ограниченное время;

– необходимостью анализа значительного количества признаков ситуаций качественной природы, слабо поддающихся аналитической обработке;

– дефицитом времени на принятие решений и значительной психологической нагрузкой на управляющий персонал.

При рассмотрении проблемы управления СДО в критических ситуациях делается вывод о том, что во многих случаях существует ресурс управления, использование которого при условии принятия своевременных и правильных управляющих решений позволило бы ликвидировать критическую ситуацию. Поэтому весьма актуальна проблема поддержки принятия решения с использованием интеллектуальной информационной системы поддержки принятия решений (ИИСППР), основанной на принципах управления знаниями в рассматриваемой предметной области. Под предметной областью понимается та часть реального мира, которая имеет непосредственное отношение к деятельности человека в процессе управления СДО. Проблема информационной поддержки принятия решений развивается в подходах к анализу ситуаций и состояний управляемого объекта с использованием методов и средств искусственного интеллекта (ИИ).

Системы ИИ используются там, где имеет место неопределенность. Процессу управления сложными динамическими объектами присущи следующие **виды неопределенностей**:

– неопределенность, связанная с неполнотой априорных знаний о проблеме, на основе которых принимается решение (недостаточность теоретических знаний о предметной области);

– неопределенность, связанная с невозможностью точного учета реакции окружающей среды на действия со стороны системы;

– неопределенность входной информации для анализа критических ситуаций, обусловленная низкой точностью оперативной информации, получаемой в результате замеров параметров состояний системы, их первичных преобразований и передачи данных;

– нечеткость в процессе принятия решений на разных уровнях иерархической системы управления, обусловленная наличием нечетких целей управления и неэффективностью процессов координации и согласования управляющих решений;

– неточность представления знаний оперативно-диспетчерского персонала на естествен-

ном языке, неоднозначность и неопределенность терминов, неточность оценок исходной информации, ошибки операторов, обусловленные недостаточной опытностью, неуверенностью в своих действиях, невнимательностью, халатностью или плохим психофизиологическим состоянием;

– неадекватность результатов моделирования процесса управления, неточность в задании граничных условий безопасности функционирования сложных динамических систем;

– неопределенность, неточности и противоречия, содержащиеся в инструкциях, руководствах и других документах, регламентирующих процессы управления в критических ситуациях.

Типы задач принятия решений:

– в условиях определенности, когда каждой альтернативе соответствует строго определенный исход;

– в условиях риска, где исход является дискретной или непрерывной случайной величиной с известным законом распределения;

– в условиях неопределенности, когда исход является случайной величиной, закон распределения которой неизвестен;

– в условиях неполноты описания и нечетких значений некоторых переменных состояния.

Известным подходом к решению проблем управления является **ситуационное управление**. С помощью метода ситуационного управления удалось решить ряд практических задач.

Особенности ситуационного управления, в основном, состоят в следующем.

Ситуационное управление требует больших затрат на описание и анализ предметной области. Эти затраты обусловлены тем, что описания рассматриваемых объектов не могут быть формализованы с помощью известных аналитических функциональных зависимостей.

Описание ситуаций, складывающихся на объекте управления (текущих ситуаций), должно быть произведено на таком языке, в котором отражались бы все основные параметры и связи, необходимые для классификации этого описания и сопоставления ему одношагового решения по управлению.

Описание ситуаций должно включать как количественные факты и соотношения, так и качественные знания, полученные от экспертов-специалистов в рассматриваемой предметной области, в том числе знания, выраженные на естественном языке.

Классификация ситуаций, объединение их в классы при использовании одношаговых решений происходит на субъективной основе, ибо

первоначальная информация о соответствии текущей ситуации тому или иному решению получается на основе экспертизы.

Системы ситуационного управления не могут оптимизировать сам процесс управления. Они ориентированы лишь на такое управление, когда достигнутые результаты будут не хуже лучших результатов, которые мог бы получить человек.

Для определения стратегии управления в конкретной ситуации необходимо разработать процедуру «склейки» одношаговых решений.

Для эффективной реализации ситуационного управления необходимо использовать методы и средства искусственного интеллекта. Таким образом, метод ситуационного управления явился прообразом методов решения задач в системах, основанных на знаниях.

Развитие теории конечных автоматов, теории кибернетики, использование в контуре управления вычислительных машин стимулировали решение задач распознавания образов, обработки символьной информации с использованием логического вывода, машинного обучения на основе использования методов искусственного интеллекта. При этом выяснено, что существенная роль в решении сложных задач управления принадлежит знаниям экспертов-специалистов. Понимание роли знаний и опыта экспертов в соответствующих предметных областях означало качественный скачок в работах по искусственному интеллекту, способствующий появлению экспертных систем, использующих различные модели представления знаний.

В теории управления сложными системами выделяется перспективный класс моделей ситуаций, основанных на использовании методов теории искусственного интеллекта [3; 4; 5; 6; 7].

Существуют **различные уровни автоматизации принятия решений** с различной степенью интеллектуализации информационно-управляющей системы.

Уровень 1 соответствует неавтоматизированному управлению; уровень 2 – управлению с использованием «подсказки» советующей системы; уровень 3 реализуется с использованием системы поддержки принятия решений; уровень 4 – экспертная управляющая система; уровни 5–7 соответствуют более высокой степени автоматизации, реализованной, например, в летательном аппарате многоразового использования «Буран». Управление на уровне 8 является полностью автоматическим и реализуется в отдельных подсистемах интегрированной АСУ.

Проведенный анализ существующих средств автоматизации управления сложными динамическими объектами позволяет сделать вывод, что степень автоматизации управления зависит от класса ситуаций и от резерва времени, определяемого для ситуации данного класса. Так, для многих типовых критических ситуаций, несложных в распознавании, но с малым резервом времени, наиболее эффективно использование «быстрых» моделей нижних уровней иерархии управления, основой которых является решение задач локального автоматического регулирования. Это вариант полной автоматизации парирования критического изменения параметров состояния объекта, предъявляющий повышенные требования к качеству решений, принимаемых системой автоматического управления. Для ситуаций, более сложных в распознавании, но характеризующихся большим резервом времени на принятие решений, возможен и эффективен вариант использования системы поддержки принятия решений, основанной на инженерии знаний и опыта управления СДО в различных ситуациях.

Системный подход к разработке системы управления предполагает анализ среды, в которой предстоит функционировать проектируемой системе, определение функций системы и необходимой для ее работы информации.

Применительно к проектированию систем управления, использующих подсистему поддержки принятия решения, системный подход означает:

- анализ данных о ситуациях и выявление детерминированных и вероятностных структур, присутствующих в данных, с целью классификации ситуаций;
- разработку иерархической структуры ИСППР;
- решение задачи синтеза последовательно для каждого уровня иерархии;
- определение параметров ИСППР;
- моделирование динамики процесса управления в различных ситуациях;
- разработку критериев эффективности ИСППР;
- экспериментальное исследование результатов проектирования и разработку рекомендаций по внедрению ИСППР.

Анализ проблем управления и синтез ИСППР должны быть основаны на общей методологии моделирования сложных информационных систем. В ряде работ [8; 9; 10] сформулированы принципы, положенные в основу методологии моделирования информационных систем.

Системная модель поддержки принятия решений отображает процесс обработки знаний для формирования рекомендаций по принятию решений при управлении сложными динамическими объектами. Целью моделирования является системное описание знаний, используемых в процессе управления.

Выявлены следующие **основные проблемы моделирования знаний о процессе управления в критических ситуациях** [1]:

- проблема представления знаний как семантических отношений между объектами предметной области, в том числе парадигматических отношений между понятиями (например, отношений семантической синонимии, отношений обобщения, агрегации и каузальных отношений);
- проблема моделирования знаний о динамике поведения объектов, в том числе в реальном времени;
- проблема моделирования операций и методов обработки знаний, в том числе вывода решений на основе правил и поиска аналогичных прецедентов.

Для решения перечисленных проблем известна методология разработки ИСППР, основой которой является *объектно-когнитивный анализ* предметной области, интегрирующий методы объектно ориентированного анализа, онтологического анализа и построения и анализа семантических сетей представления знаний.

Объектно ориентированный анализ – это способ анализа, изучающий требования к системе с точки зрения будущих классов и объектов на основе словаря предметной области.

Онтологический анализ – это уровень анализа знаний, в основе которого лежит описание предметной области в терминах сущностей, отношений между ними и действий над сущностями.

Семантический анализ – это анализ предметной области, направленный на описание и идентификацию базовых элементов предметной области, установление взаимосвязей (отношений) между ними и определение характеристик отношений [2].

Известным методом решения проблем большой размерности и сложности в системном анализе является декомпозиция сложной системы на подсистемы, что дает возможность более детального исследования различных элементов системы и определения законов управления для каждой подсистемы. Далее, определив подсистемы и проведя исследование их взаимосвязей, следует установить методы их интеграции и син-

тезировать комплексное целое, установив тем самым общую структуру системы. Недостатком метода декомпозиции является необходимость привлечения еще большего количества экспертов и сложность интеграции моделей отдельных подсистем с обеспечением целостности модели всей системы. Следовательно, необходим инструмент моделирования, обеспечивающий стандартизацию моделей для удобства работы экспертов и предоставляющий средства интеграции моделей, полученных от разных экспертов [11; 12; 13; 14].

На основе наиболее важных понятий и принципов системного анализа установлены следующие **принципы представления и обработки знаний о процессе управления**:

- применение различных видов абстракций представления знаний;
- специализация – обобщение понятий: семантика индивидуальных понятий проявляется в описаниях через общие понятия;
- декомпозиция знаний, основанная на принципе локальности представления информации (фреймы, блоки, модули и т.п.);
- таксономическая иерархия, основанная на отношении «класс – подкласс», и принцип наследования свойств;
- использование механизмов дедукции и обобщения при логическом выводе знаний в базе знаний.

Таким образом, подход к структурированию знаний об управлении в конкретных ситуациях заключается в иерархической декомпозиции знаний, а также в применении различных форм абстрактного представления знаний при реализации баз знаний [15; 16].

Основой интеграции указанных различных моделей представления знаний является единое информационное пространство когнитивных элементов ситуаций, сформированное в результате объектно-когнитивного анализа и моделирования процесса управления сложными системами.

Таким образом, основой методологии разработки ИСППР является объектно-когнитивный анализ предметной области, результатами которого являются формальные описания отношений между абстрагированными понятиями и сущностями, являющимися базовыми объектами предметной области (когнитивными элементами), в терминах предметно ориентированного тезауруса. Полученные описания, интегрированные в соответствии с иерархической структурой пространства знаний, являются основой разработки базы знаний ИСППР.

Литература

1. Бадамшин Р.А., Ильясов Б.Г., Черняховская Л.Р. Проблемы управления сложными динамическими объектами в критических ситуациях на основе знаний. – М. : Машиностроение, 2003. – 240 с.
2. Филиппович Ю.Н., Прохоров А.В. Семантика информационных технологий: опыты словарно-тезаурусного описания / предисл. А.И. Новикова. – М. : МГУП, 2002. – 368 с.
3. Васильев С.Н., Жерлов А.К., Федосов Е.А. и др. Интеллектуальное управление динамическими системами. – М. : Физико-математическая литература, 2000. – 352 с.
4. Венда В.Ф. Системы гибридного интеллекта: эволюция, психология, информатика. – М. : Машиностроение, 1990. – 448 с.
5. Поспелов Д. А. Ситуационное управление: теория и практика. – М.: Наука. – Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 288 с.
6. Управление динамическими системами в условиях неопределённости / С.Т. Кусимов, Б.Г. Ильясов, В.И. Васильев и др. – М. : Наука, 1998. – 452 с.
7. Юсупов И.Ю. Автоматизированные системы принятия решений. – М. : Наука, 1983. – 88 с.
8. Йордон Э., Аргила К. Структурные модели в объектно-ориентированном анализе и проектировании. – М. : Лори, 1999. – 264 с.: ил.
9. Марко Д., Мак Гоен К. Методология структурного анализа и проектирования. – М. : Метатехнология, 1992. – 239 с.
10. Мюллер Р. Дж. Базы данных и UML. Проектирование. – М. : Лори, 2002. – 420 с.
11. Гладышев А.И. Разработка имитационной модели вирусной эпидемии на основе модели биологических вирусов: принципы, основные параметры, описание и зависимости. // Вестник Российского нового университета. – 2012. – Выпуск 4 : Управление, вычислительная техника и информатика. – С. 17–21 .
12. Гладышев А.И., Жуков А.О. Использование в автоматизированной системе контроля полномочий биометрической идентификации // Вестник Российского нового университета. – 2013. – Выпуск 4 : Управление, вычислительная техника и информатика. – С. 95–99.
13. Гладышев А.И. Удобство и безопасность компьютерных систем, в чем противоречие // Вестник Российского нового университета. – 2012. – Выпуск 4 : Управление, вычислительная техника и информатика. – С. 89–93.
14. Гладышев А.И., Жуков А.О. Достоинства и недостатки имитационного моделирования с использованием нейронных сетей // Вестник Российского нового университета. – 2013. – Выпуск 4 : Управление, вычислительная техника и информатика. – С. 53–56.
15. Гладышев А.И., Жуков А.О. Методика использования искусственных нейронных сетей с целью идентификации параметров движения летательных аппаратов. // Вестник Российского нового университета. – 2014. – Выпуск 4 : Управление, вычислительная техника и информатика. – С. 149–152.
16. Гладышев А.И. Вопросы создания единого информационного пространства в космотехносфере // Вестник Российского нового университета. – 2014. – Выпуск 4 : Управление, вычислительная техника и информатика. – С. 137–141.