

УДК 004.021

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ГРУППОВОГО ВЫБОРА И ПРЕЦЕДЕНТНЫХ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ОТКАЗОВ

Г.С. Малтугуева, А.Ю. Юрин (*iskander@icc.ru*)
Институт динамики систем и теории управления
СО РАН, Иркутск

В работе рассмотрено совместное применение прецедентной экспертной системы и методов группового выбора для поддержки лица, принимающего решение, при обосновании мероприятий по предотвращению отказов.

Введение

Решение задач в области обеспечения надежной и безопасной эксплуатации технологического оборудования требует применения методов и систем искусственного интеллекта, с целью разработки специализированных систем поддержки принятия решений. Подобные системы создаются для различных областей: энергетика [Варшавский и др., 2005], транспорт (трубопроводный и авиационный) [Жернаков, 2003], нефтехимия и машиностроение [Берман и др., 2006].

Одной из задач, требующей для своего эффективного решения применения средств и систем поддержки принятия решения является задача обоснования мероприятий по предотвращению (локализации, ликвидации последствий) отказов и аварий технологических объектов.

В процессе эксплуатации механических систем (как частей технологических объектов) – машин и конструкций, возможно нарушение их нормального функционирования. При этом возможен переход системы из безопасного работоспособного состояния как в нежелательное безопасное состояние (например, снижение производительности промышленного объекта), так и в опасное состояние (например, отказ системы в целом (остановка производства), авария и чрезвычайная ситуация). При этом переход в опасное состояние может сопровождаться такими опасными событиями (явлениями) как взрыв, пожар, утечка ядовитых веществ, что обуславливает опасность данных объектов для людей и окружающей среды, и повышает актуальность

задачи оперативного и эффективного обоснования мероприятий разного рода.

Задачу оперативного и эффективного обоснования мероприятий предлагается решить путем разработки специализированного программного обеспечения.

Для большинства технических объектов, задача обоснования мероприятий решается на основе технологических регламентов, которые являются нормативными документами и регламентируют все действия персонала. Поэтому одним из способов решения задачи поддержки специалистов при обосновании мероприятий является создание производственных экспертных систем или специализированных справочников. Однако, в этом случае накопленный ранее опыт решения подобных задач останется неиспользованным (невостребованным). Поэтому, в качестве одного из методов решения задачи, были выбраны прецедентные экспертные системы [Aamodt et al., 1999], обеспечивающие эффективное использование накопленного опыта.

Одной из особенностей применения прецедентного подхода является получение в качестве решения проблемы набора прецедентов (аналогов), близких по описанию к рассматриваемой ситуации. При этом решение о выборе того или аналога в качестве прототипа (окончательного решения) обычно принимает человек, на основе ознакомления с подробным описанием всех аналогов, что не всегда является эффективным. Предлагается повысить эффективность решения данной задачи путем применения методов теории принятия решений, в частности методов группового выбора. Методы группового выбора позволят сформировать решения на основе обобщения решений наиболее близких аналогов.

Таким образом, цель работы – разработка подхода к обоснованию мероприятий по предотвращению (локализации, ликвидации последствий) отказов и аварий технологических объектов, основанного на комплексном применении прецедентных экспертных систем и методов группового выбора.

1. Предлагаемый подход

1.1. Прецедентная экспертная система

Прецедентные экспертные системы базируются на принципе принятия решений по аналогии. Для эффективного их применения не требуется глубокого анализа предметной области, достаточно указать проблему и ее решение путем показа нескольких примеров, указания аналогичных случаев и ссылок на некоторое сходство. В том случае, если к моменту возникновения новой проблемы уже накоплен значительный опыт решения похожих проблем, возникавших ранее, например, статистика отказов на разнородном нефтехимическом оборудовании, то применение

прецедентного подхода позволяет не только обеспечить поддержку лица, принимающего решение, но и повысить эффективность повторного использования накопленного опыта.

Одним из основных понятий в данной области является понятие «прецедент» – компактное описание знаний о событиях, явлениях, процессах и состояниях, содержащее наиболее важные параметры и свойства событий, процессов и рассматриваемого объекта.

Как правило, прецедент состоит из описания проблемной ситуации и совокупности действий, предпринимаемых для устранения данной проблемной ситуации (ее решения).

При решении задачи поддержки специалиста при обосновании мероприятий по предотвращению и по снижению последствий отказов на основе прецедентов, описание проблемной ситуации, в нашем случае это некоторый инцидент (отказ) на производстве, содержит перечень диагностических признаков, позволяющих однозначно идентифицировать текущее состояние объекта исследования. Решение, в свою очередь, – это перечень мероприятий по предотвращению и снижению последствий отказов. Используя данную модель, была разработана система поддержки принятия решений [Берман и др., 2008].

Результатом работы этой системы является набор аналогов, упорядоченных в соответствии с мерой подобия (близости) описаний и с указанием степени неопределенности (неполноты) полученных оценок подобия.

Руководствуясь этим набором, пользователь получает возможность ознакомиться с перечнем рекомендованных и принятых мероприятий (содержащихся в прецедентах) по предотвращению и снижению последствий аналогичных отказов и на основании этих сведений и своих личных знаний и опыта принять решение. В ряде случаев лицу, принимающему решение, приходится обобщать решения нескольких аналогов, неявно решая задачу группового выбора.

1.2. Методы группового выбора

Методы группового выбора [Петровский, 2009] позволяют обобщать множество индивидуальных мнений (предпочтений) и формировать на их основе мнение (отношение) группового предпочтения, являющееся объективным выражением множества индивидуальных мнений. При этом задачу коллективного выбора можно сформулировать следующим образом [Миркин, 1974]: пусть задано множество альтернатив $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, из элементов которого все члены коллектива, принимающего решение, должны составить свои предпочтения (упорядочить альтернативы по убыванию их предпочтительности), из которых формируется m -элементное множество ранжировок

$S = \{S^1, S^2, \dots, S^m\}$. Пусть индивидуальные предпочтения заданы обобщенными ранжировками $S^j = x_{i_1} Q_1^j x_{i_2} Q_2^j x_{i_3} Q_3^j \dots Q_{n-1}^j x_{i_n}$, где $j = \overline{1, m}$; $\forall \alpha = \overline{1, n-1}$; $Q_\alpha^j \in \{P^j, I^j\}$, P^j – отношение строгого предпочтения, I^j – отношение эквивалентности, таким образом, Q^j принимает значение либо строгого отношения предпочтения, либо эквивалентности. Требуется построить отношение коллективного предпочтения, т.е. отношение должно выражать мнение всего коллектива – быть компромиссным.

Методы решения задачи группового выбора можно условно разделить на три группы:

- качественные, основанные на сравнении альтернатив;
- количественные, основанные на вычислении оценок;
- гибридные, представляющие собой комбинацию качественных и количественных.

При этом каждый метод эти методы имеют свои достоинства и недостатки:

- Количественные всегда дают решение, но бывает сложно определить его некорректность.
- Качественные не всегда дают решение, но, по мнению ряда исследователей, они наиболее точно выражают отношение группового предпочтения.

Предлагается применить эти методы в комплексе для обработки данных полученных из прецедентной системы.

1.3. Совместное применение прецедентных систем и методов группового выбора

Результатом работы прецедентной экспертной системы является набор аналогов, упорядоченный в соответствии с мерой подобия (близости) описаний. Используя этот набор, пользователь (лицо, принимающее решение) либо принимает решение, описанное в прецеденте с наибольшей мерой подобия, либо формирует новое решение на основе решений, содержащихся во множестве наиболее близких прецедентов, т.е. решает задачу группового выбора.

Для решения задачи поддержки специалиста при обосновании мероприятий по предотвращению и по снижению последствий отказов множество альтернатив X представляет собой мероприятия (которые необходимо принять), множество ранжировок S – множество решений, содержащихся в аналогах, где каждая ранжировка представляет собой набор мероприятий, упорядоченных по очередности их принятия.

Предлагаемый подход к формированию решения на основе прецедентов с помощью методов группового выбора состоит из трех этапов:

1. Формирование исходных данных для задачи группового выбора на основе информации из аналогов. Результатом данного этапа может быть множество наборов ранжировок, имеющих различный количественный и качественный состав.
2. Решение задачи группового выбора для каждого набора ранжировок.
3. Согласование результатов, полученных при решении задачи группового выбора для каждого из наборов, с целью формирования окончательного решения. Данный этап может быть пропущен при существовании единственного набора.

Рассмотрим этапы подробнее.

1.3.1. Этап 1: Формирование исходных данных. Для использования прецедентов в качестве исходных данных для решения задачи группового выбора необходимо решить ряд задач:

- сгруппировать ранжировки с учетом их качественного и количественного состава;
- учесть оценку близости аналогов при формировании ранжировок.

Первая задача решается следующим образом:

- на основе набора аналогов формируются группы аналогов, при этом группировка осуществляется с учетом мощности (длины) решения – группировка аналогов по количественному критерию;
- далее, в каждой группе выделяются подгруппы, содержащие определенные элементы решения (определенные мероприятия) – осуществляется группировка аналогов по качественному критерию;
- в каждой подгруппе осуществляется обобщение одинаковых решений (ранжировок) с учетом количества обобщаемых решений.

Каждая из подгрупп представляет собой набор (Табл. 1), для которого в дальнейшем будет решена задача группового выбора (этап 2).

При формировании наборов необходимо учитывать оценку близости аналогов и предусмотреть возможность исключения из рассмотрения аналогов с низкой оценкой близости. Низкая оценка близости сигнализируют о значительном отличии описания аналога и текущей проблемной ситуации, и ставит под сомнение корректность использования решения аналога для решения текущей проблемной ситуации. В связи с

этим, возможна ситуация, когда будет получен единственный набор ранжировок и этап согласования результатов (этап 3) будет пропущен.

При решении второй задачи этапа 1 предлагается каждой ранжировке присвоить информационный вес (важность), вычисляемый как среднеарифметическое выражение оценки близости аналогов, на основании которых данная ранжировка сформирована (Табл. 1). Данный вес предполагается использовать на этапе согласования результатов (этап 3).

Табл. 1.

Решения аналогов и их оценка		Ранжировки, число аналогичных ранжировок и веса	Наборы ранжировок и веса
1. a-b-c (1) 2. a-b-c (1) 3. a-c-b (1) 4. a-c-d (0,5) 5. a-c-d (0,5) 6. d-c (0,5) 7. b-c-a (0,3) 8. c-d-a (0,1)	=>	$S^1=(a-b-c), (2), \{1-1\}$ $S^2=(a-c-b), (1), \{1\}$ $S^3=(b-c-a), (1), \{0,3\}$	$S_1=\{a, b, c\} (0,8)$
		$S^4=(d-c), (1), \{0,5\}$	$S_2=\{c, d\} (0,5)$
		$S^5=(a-c-d), (2), \{0,5-0,5\}$ $S^6=(c-d-a), (1), \{0,1\}$	$S_3=\{a, c, d\} (0,3)$

Рассмотрим пример, представленный в Табл. 3. Итак, имеется множество аналогов из 8 элементов. На основе множества формируется 3 набора (множества) ранжировок S_1, S_2, S_3 . Каждое множество состоит из ранжировок, в которых альтернативы связаны с друг другом отношениями строго предпочтения.

1.3.2. Этап 2: Решение задачи группового выбора для каждого набора. Для каждого набора, полученного на этапе 1, выполняется процедура поиска решения. С целью повышения эффективности данной процедуры предлагается:

- Осуществить комплексное использование методов группового выбора, т.е. параллельно решать задачу несколькими методами (рис. 1), с последующим согласованием результатов. При этом предполагается, что комплексное применение методов обеспечит получение решения, снижая вероятность возникновения некорректных решений и парадоксов, и позволит сравнивать решения, полученные разными методами.
- Использовать для согласования результатов иерархическую (многоуровневую) схему получения решения, когда

исходными данными для шага $i+1$ являются результаты шага i , также представленные в виде обобщенных ранжировок.



Рис.1. Пример схемы согласования решений (2 шага)

Иерархическая схема позволяет получить решение постепенно в несколько шагов и согласовать их. На каждом из шагов функционирует определенный набор методов, результатом которых являются отношения группового предпочтения.

Полученные решения сравниваются и совпадающие группируются. Результат шага i является исходными данными (ранжировками) для применения следующей группы методов на шаге $i+1$. В данном случае было использовано два шага, при этом на первом шаге были задействованы методы: Борда, Доджсона, Кондорсе, Коупленда, Кумбса, Нансона, Симпсона, Фишберна, на втором только один: Кондорсе.

Подобная схема позволяет сравнивать различные методы, комбинировать, анализировать и получать решение, независимое от особенностей (ограничений) того или иного метода, что актуально и при решении практических задач в различных предметных областях.

При наличии единственного набора ранжировок, решение, полученное на данном этапе, будет окончательным.

1.3.4. Этап 3: Согласование результатов. После получения решений по каждому набору (множеств) ранжировок необходимо их согласовать. С целью согласования предлагается решить задачу группового выбора с

использованием полученных решения в качестве исходных данных. Для этого требуется:

- сформировать полное множество альтернатив;
- дополнить полученные решения отсутствующими альтернативами с целью формирования обобщенных ранжировок единой длины, при этом добавляемые альтернативы считать эквивалентными;
- выполнить поиск решения по иерархической схеме.

Итак, согласно примеру из Табл. 1, на этапе 2 были получены следующие результаты:

S_1 : a-b-c (0,8)

S_2 : d-c (0,5)

S_3 : a-c-d (0,3)

Полное множество альтернатив: {a,b,c,d}.

Дополненные ранжировки:

S_1 : a-b-c-d (0,8)

S_2 : d-c-a-b (0,5)

S_3 : a-c-d-b (0,3)

Весы наборов, сформированные на этапе 1, используются в качестве количества выборщиков, проголосовавших за ранжировки.

S_1 : a-b-c-d : 8

S_2 : d-c-a-b : 5

S_3 : a-c-d-b : 3

Далее решается задача группового выбора с полученными ранжировками, результат: a-c~b-d. Данное решение является окончательным результатом, который и предоставляется лицу, принимающему решения.

Заключение

В работе рассмотрен подход к решению задачи поддержки специалиста при обосновании мероприятий на основе комплексного применения прецедентных экспертных систем и методов группового выбора.

Рассмотрены модель прецедента, алгоритм извлечения (поиска) прецедентов и пример применения методов группового выбора для обработки информации прецедентов.

Реализация предлагаемого подхода осуществляется путем расширения разработанной ранее системы поддержки принятия решений [Берман и др., 2006; Берман и др., 2008].

В настоящий момент формируются наборы тестов, и осуществляется тестирование программных библиотек, реализующих методы группового выбора (Борда, Доджсона, Кондорсе, Коупленда, Кумбса, Нансона, Симпсона, Фишберна), а также иерархической схемы получения решения.

Разработан прототип системы группового выбора для проведения тестирования [Малтугуева и др., 2009].

Использование данного подхода в условиях, когда невозможно (ограниченность теоретических представлений) или не целесообразно (чрезмерность затрат и ограниченность ресурсов) построение математических моделей, для решения задачи обоснования мероприятий по предотвращению и снижению последствий отказов механических систем, позволяет значительно снизить нагрузку на лицо, принимающее решение. Однако, результаты работы системы поддержки принятия решений ни в коем случае не могут заменить решений, принимаемых специалистом на основе его личных знаний и опыта, и носят лишь рекомендательный характер.

Благодарности. Работа выполнена по междисциплинарному интеграционному проекту СО РАН №116 «Антропогенные риски угледобывающих и нефтегазодобывающих территорий Сибири».

Список литературы

- [Aamodt et al., 1999] Aamodt A., Plaza E. Case-Based reasoning: Foundational issues, methodological variations, and system approaches // AI Communications. – 1994. - Vol.7, no.1.- Pp.39-59.
- [Берман и др., 2006] Берман А.Ф., Николайчук О.А., Павлов А.И., Юрин А.Ю. Интеллектуальная система поддержки принятия решений при определении причин отказов и аварий в нефтехимической промышленности // Автоматизация в промышленности. – 2006. – № 6. – С. 15-17.
- [Берман и др., 2008] Берман А.Ф., Николайчук О.А., Павлов А.И., Юрин А.Ю. Использование прецедентов для обоснования мероприятий по предотвращению отказов механических систем // Труды Одиннадцатой Национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-08, Дубна, 28 сентября - 3 октября 2008 г., В 4 т. – М.: Ленанд, 2008, - Т.2. – С. 106-113.
- [Варшавский и др., 2005] Варшавский П.Р., Еремеев А.П. Поиск решения на основе структурной аналогии для интеллектуальных систем поддержки принятия решений // Изв. РАН. ТиСУ. – 2005. – № 1. – С.97-109.
- [Жернаков, 2003] Жернаков С.В. Базы знаний прецедентов активных экспертных систем для процесса мониторинга параметров авиационного двигателя // Автоматизация и современные технологии. – 2003. – № 2.
- [Малтугуева и др., 2009] Малтугуева Г.С., Наумов И.А., Юрин А.Ю. Система поддержки принятия решений в задачах группового выбора // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. – М. – Рег. № 2009614243 от 12.08.09.
- [Миркин, 1974] Миркин Б.Г. Проблема группового выбора. – М.: Наука, 1974.
- [Петровский, 2009] Петровский А.Б. Теория принятия решений. – М.: Академия, 2009.