

мени фильтра может быть принято $T_f = 0,079$ мин. Увеличение резонансной частоты оказалось возможным до $\omega_{res} = 2,67$ мин⁻¹, при котором оказалось $T_d = 0,447$ мин, а значение $k_f = 5,678$ превысило требуемое значение. Понадобилось увеличение постоянной времени фильтра. Окончательный результат поиска: $T_f = 0,12$ мин; $\omega_{res} = 2,3$ мин⁻¹ при настройке регулятора $k_p = 37,1$; $t_i = 1,06$ мин; $T_d = 0,49$ мин. График процесса изменения регулируемой величины при ступенчатом возмущении со стороны регулирующего органа показан на рис. 7 (кривая 2), где для сравнения кривой 1 показан и соответствующий процесс в системе с идеализированным ПИД-регулятором (рис. 5). Кроме того, кривыми 3 и 4 показаны уменьшенные в 40 раз графики перемещения регулируемых органов (3 – в системе с идеализированным регулятором, 4 – с реальным). Для выполнения расчетов могут быть использованы программы *Internet 2004 Puc. 05.22 – 05.23* или *2008 Puc. 05.26 – 05.27*.

Ротач Виталий Яковлевич – д-р техн. наук, проф., Кузицин Виктор Федорович – канд. техн. наук, доцент, Петров Сергей Викторович – инженер кафедры АСУ ТП Московского энергетического института (технического университета). Контактный телефон 8-499-7264680. E-mail: RotachVY@mail.ru

ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

**В.Р. Милов, Б.А.Суслов (НГТУ им. Р.Е. Алексеева),
О.В. Крюков (ООО "Интермодуль")**

Рассмотрены вопросы построения информационно-управляющих систем предприятий газовой отрасли. Предложен подход к построению гибридной интеллектуальной системы поддержки принятия решений.

Ключевые слова: Системы поддержки принятия решений, гибридные интеллектуальные системы, знания, нейронные сети.

Принятие решений относится к важнейшему этапу управленческой деятельности, во многом определяющем ее эффективность. Для газовой отрасли решения по управлению предприятиями осуществляется в соответствии с многоуровневой структурой системы управления ОАО "Газпром" по следующим уровням [1]:

I уровень – Головная компания ОАО "Газпром" и высшее руководство дочерних обществ. На этом уровне осуществляется стратегическое управление, связанное с долгосрочным планированием и функционированием дочерних обществ в составе Группы "Газпром" (уровень стратегического управления);

II уровень – Администрация дочерних обществ. На данном уровне проводится планирование и оперативное управление производственно-хозяйственной деятельностью Обществ (уровень функционального управления);

III уровень – филиалы предприятия (линейно-производственные управления, сервисные подразделения). На этом уровне службами филиалов осуществляется управление и отражается оперативная деятельность филиалов (уровень оперативного управления).

Каждый из уровней управления характеризуется своим перечнем задач и проблем. Вопросы информационной поддержки процессов управления на различных уровнях становятся все более актуальными. Реше-

Если полученные результаты настройки ПИД-регулятора потребуют от последнего слишком большого, недоступного для осуществления на применяемых технических средствах быстродействия, их можно заглубить путем увеличения расчетного значения запаса устойчивости контура системы или увеличением постоянной времени сглаживающего фильтра.

Список литературы

1. Ротач В.Я., Кузицин В.Ф., Петров С.В. Настойка регуляторов по переходным характеристикам систем управления без их аппроксимации аналитическими выражениями. // Автоматизация в промышленности.
2. Ротач В.Я. Теория автоматического управления. М.: Издательский дом МЭИ. 2004, 2006, 2007, 2008.
3. Ротач В.Я., Шавров А.В., Бутырев В.П. Синтез алгоритмов машинного расчета оптимальных параметров систем регулирования // Теплоэнергетика. 1977. № 12.
4. Ziegler J., Nichols N. Optimum Settings for Automatic Controllers. Transactions of the A.S.M.E, November, 1942.

ние задачи совершенствования корпоративного управления возможно лишь путем применения современных информационных технологий, создания систем поддержки принятия решений (СППР), интегрированных в единое информационное пространство компании.

Информационно-управляющие системы предприятий газовой отрасли

Для удовлетворения информационных потребностей предприятия в формировании управленческих решений необходимо располагать соответствующими источниками исходных данных, на основе которых может быть получена необходимая аналитическая информация. Это предопределяет ряд новых требований к информационным системам, являющимся основой систем управления предприятием. Так, при проектировании и разработке информационных систем предприятия газовой отрасли целесообразно учитывать:

- иерархический характер организационных структур предприятия;
- принцип иерархической соподчиненности задач управления;
- условия оптимального распределения функций управления между организационными уровнями;

- требования оптимизации межуровневых информационных потоков.

Организационные уровни управления определяют типы информационно-управляющих систем. В структуре предприятий газовой отрасли в соответствии с уровнями управления выделяют следующую иерархию функционально-организационных классов информационных систем:

- Информационно-аналитические системы, осуществляющие сбор, обновление, обработку и предоставление аналитической информации, а также предоставляют возможность планирования и управления корпоративными процессами. Системы данного класса применяются на уровне стратегического управления предприятием;

- Информационно-управляющие системы предприятия, осуществляющие сбор, обновление, обработку и предоставление данных по производственно-технологическим процессам, включая движения материальных, финансовых, человеческих ресурсов и информации, а также предоставляющие возможность управления основными производственными процессами и комплексом ТП. Системы данного класса применяются на уровне функционального управления предприятием;

- АСУТП, представляющие собой комплекс средств автоматизации деятельности персонала и формирующие управляющие воздействия на ТП. Системы данного класса используются на уровне оперативного управления и включают АСУТП технологических объектов, системы пожарной безопасности, телемеханики, автоматического управления и др. [2].

Однако, когда объектом мониторинга и управления является организация в целом, средств, предоставляемых традиционными информационными системами, становится недостаточно. Большинство практически используемых информационных систем в газовой отрасли основаны на упрощенных алгоритмах поддержки принятия решений, не обеспечивающих требуемой эффективности в условиях априорной неопределенности и изменчивости среды при наличии как дискретных, так и непрерывных атрибутов, а также пропусков в данных. Применение средств интеллектуального управления в таких условиях позволит повысить эффективность управления предприятием газовой отрасли, а также получить новые знания о принципах и закономерностях функционирования предприятия, динамике его развития путем интеллектуальной обработки оперативных и ретроспективных данных.

Интеллектуализация процесса принятия решений в информационных системах предприятия

Необходимость развития информационно-управляющих систем при управлении организациями газовой отрасли обуславливается непрерывным возрастанием сложности управляемых объектов и процессов с одновременным сокращением времени, отводимого лицам, принимающим решения (ЛПР), на анализ проблемной ситуации, идентификацию возникшего отклонения от нормального (штатного) режима функционирования того или иного объекта, процесса, информационного

потока, поиск возможных корректирующих решений по воздействию на объект, прогнозирование ситуаций, оценку последствий принимаемых решений и, наконец, выдачу команд на отработку необходимых управляющих воздействий. Этот процесс требует много времени и высокой квалификации, чтобы точно и объективно оценить обстановку.

Современный уровень развития аппаратных и программных средств сделал возможным ведение БД оперативной информации на разных уровнях управления. В процессе своей деятельности предприятия накапливают большие объемы данных, которые хранят потенциальные возможности по извлечению аналитической информации, на основе которой можно выявлять скрытые тенденции, строить стратегию развития предприятия, находить новые управленческие решения.

В области информационных систем можно выделить следующие классы систем, различающиеся по их назначению и возможному использованию в процессе управления и принятия решений:

- системы, ориентированные на операционную (транзакционную) обработку данных: On-Line Transaction Processing (OLTP) – оперативная транзакционная обработка, называемые иногда "системами обработки данных";

- системы, ориентированные на аналитическую обработку данных: Decision Support Systems (DSS) – системы поддержки принятия решений (СППР);

- системы, оперирующие со знаниями в определенной предметной области с целью выработки рекомендаций или решения проблем – экспертные системы (ЭС).

Поддержка принятия управленческих решений на основе накопленных данных может выполняться в трех базовых сферах [3]:

- детализированных данных – это сфера действия большинства систем, нацеленных на поиск информации. В большинстве случаев реляционные системы управления базами данных (СУБД) отлично справляются с возникающими здесь задачами. Информационно-поисковые системы, обеспечивающие интерфейс конечного пользователя в задачах поиска детализированной информации, могут использоваться в качестве надстроек как над отдельными системами обработки данных, так и над хранилищем данных в целом;

- агрегированных показателей. Комплексное использование содержимого хранилища данных, обобщение, агрегация, гиперкубическое представление и многомерный анализ обеспечивается системами оперативной аналитической обработки данных (OLAP). Здесь применяются реляционные технологии и могут использоваться многомерные СУБД;

- закономерностей. Методы интеллектуального анализа данных ИАД, (Data Mining DM) позволяют осуществлять поиск функциональных и логических закономерностей в накопленной информации, построение моделей и правил, объяснение найденных закономерностей и аномалий, а также позволяют прогнозировать будущее состояние наблюдаемой системы или процесса.

Для информационных систем предприятий газовой отрасли в части поддержки управленческих решений предлагается использовать комплекс инновационных инструментов различного назначения.

Так при построении систем, основанных на знаниях, а также при представлении выявленных логических закономерностей могут использоваться различные модели знаний (реляционные, объектные и ассоциативные). В зависимости от конкретных условий предпочтение отдается различным формам реализации.

Процедуры поддержки принятия решений обеспечиваются методами многокритериального выбора, включая процедуры выбора при наличии неопределенности. Одним из развиваемых в последнее время подходов являются эволюционные вычисления, к которым относятся алгоритмы поиска, оптимизации, обучения, основанные на некоторых формализованных принципах естественного эволюционного процесса. Основное преимущество эволюционных вычислений заключается в возможности приближенного решения за приемлемое время многоэкстремальных и целочисленных задач оптимизации большой размерности.

Для описания исследуемых объектов и явлений формируются предсказательные (прогностические) и описательные (дескриптивные) модели. При этом для синтеза таких моделей находят применение следующие подходы:

- алгоритмы ограниченного перебора, основанные на вычислении частоты комбинаций простых логических событий в подгруппах данных. На основании анализа вычисленных частот делается заключение о полезности той или иной комбинации для установления ассоциации в данных, формирования логических правил, классификации, прогнозирования и т.п.;
- деревья решений (ДР), при построении которых обучающее множество последовательно разделяется на основе значений выбранного атрибута. В результате строится дерево, содержащее: терминальные узлы, задающие имена классов и промежуточные узлы, включающие тест (проверку значения) для определенного атрибута с переходом к поддереву решений в зависимости от результатов теста. Типичные области применения деревьев решений – классификация и восстановление зависимостей;
- нейросетевое моделирование. Искусственные нейронные сети (НС) составляют большой класс систем, архитектура которых имеет некоторую аналогию со строением биологической нервной ткани. НС основаны на элементарных вычислительных (процессорных) элементах – нейронах, соединенных между собой синаптическими связями. НС различных типов достаточно широко применяются для решения задач восстановления зависимостей, прогнозирования, классификации, кластеризации, некоторых видов оптимизации и др. Существенный недостаток нейросетевой парадигмы заключается в очень слабой логической прозрачности формируемых нейросетевых моделей;
- нечеткое моделирование и нечеткая логика. Методы нечеткой логики позволяют воспроизводить модели приближенных рассуждений человека и ис-

пользовать их в компьютерных системах для анализа данных, управления и поддержки принятия решений. Основу для нечетких моделей представляет аппарат нечетких множеств.

Принципы построения ядра интеллектуальной подсистемы поддержки принятия решений

Актуальной задачей при построении автоматизированных систем является перенос части рутинных функций ЛППР по анализу данных, прогнозированию ситуаций и подготовке соответствующих решений на компоненты интеллектуальных СППР. Концепция СППР включает целый ряд средств, объединенных общей целью – способствовать принятию и реализации рациональных и эффективных управленческих решений.

В настоящее время выделяют два основных подхода к построению ядра СППР: логический, основанный на моделировании рассуждений, и нейрокибернетический. Каждый из этих подходов имеет свои преимущества и недостатки. Так достоинством логического подхода, реализуемого в рамках технологии инженерии знаний, является возможность вывода заключений на основе знания некоторых общих закономерностей. При этом посредством процедур вербализации обеспечивается возможность объяснения формируемых решений. К недостаткам классических систем основанных на знаниях относят последовательный характер рассуждений, затрудняющий их параллельную реализацию; сложность поддержки множественности линий рассуждений, а также реализации рассуждений в условиях неопределенности; высокую трудоемкость формализации знаний; неприспособленность к обучению [4].

Основными достоинствами ассоциативных интеллектуальных систем, реализуемых, в частности, на основе нейросетевых технологий, является способность к обучению и рефлекторному реагированию на входную информацию после соответствующей настройки. К недостаткам нейронных сетей относится отсутствие возможности работы с абстрактными понятиями и иерархическими структурами; трудность реализации диалога в процессе решения задач; проблематичность вербализации найденных закономерностей и, следовательно, трудность понимания характера полученного решения.

Использовать преимущества и одновременно преодолеть ряд недостатков различных подходов к построению интеллектуальных СППР позволяют гибридные интеллектуальные системы. В зависимости от архитектуры выделяют комбинированные, интегрированные, объединенные и ассоциативные гибридные интеллектуальные системы.

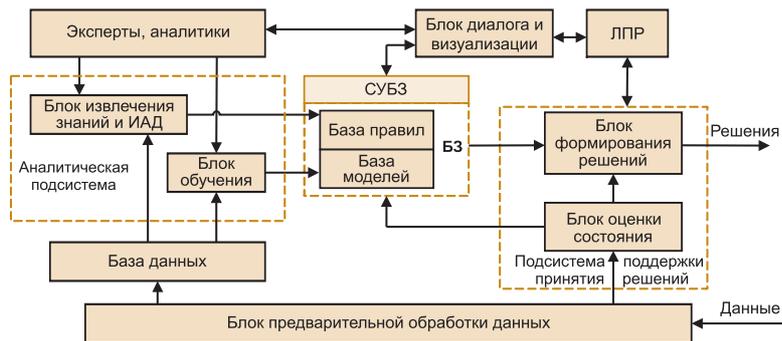
Различные типы интеллектуальных систем обладают различными возможностями. Более эффективной представляется архитектура интегрированных гибридных интеллектуальных СППР, которые строятся по иерархическому принципу. Основной интегрирующий модуль, который обычно представляет собой экспертную систему, взаимодействует с другими модулями, занимающими подчиненное положение.

В развитие принципов построения интегрированных гибридных интеллектуальных СППР формируется многоуровневая иерархическая архитектура, в которой выделяется два основных уровня, каждый из которых может быть представлен совокупностью подуровней [5]. Нижний уровень, обеспечивающий рефлекторное реагирование, реализуется посредством нейронных сетей. Обработка результатов, полученных на нижнем уровне, осуществляется на верхнем уровне, который реализуется в виде системы, основанной на знаниях (СОЗ), выполняющей рассуждения и осуществляющей вывод заключений с использованием доступной базы знаний (БЗ).

При построении системы, основанной на знаниях, функционирующей на верхнем уровне гибридной интеллектуальной СППР, целесообразно использовать сочетание возможностей, предоставляемых несколькими подходами. Первый из них представляет автоматизация гипотезирования (выдвижения гипотез), которая непосредственно связана с процессом обучения интеллектуальной СППР. Так в СППР имеются начальные фоновые знания. Использование этих знаний позволяет значительно ускорить процесс обучения по сравнению со случаем "классического" индуктивного обучения (без использования знаний). При этом выполняется обнаружение новых закономерностей, что позволяет постоянно пополнять базу знаний.

Использование объектно-ориентированного подхода к представлению и обработке знаний позволяет эффективно поддерживать отношения наследования с использованием декларативно-процедурных форм представления знаний, а также реализовать быстрые алгоритмы вывода на основе распределенной фреймовой иерархии.

Применение подхода, основанного на продукционных правилах (вида "ЕСЛИ ТО ТО С"), позволяет модифицировать БЗ, выполняя действия по вставке новых и удалению устаревших правил. Отбор правил может осуществляться с использованием нескольких показателей, таких как точность и полнота. При этом обычно осуществляется отбор правил, характеристики которых удовлетворяют заданным ограничениям. Более эффективным представляется формирование совокупности правил, характеризующихся наибольшими значениями целевой функции интегрального показателя качества. В [6,7] предложен подход к формированию системы наиболее значимых логических правил. Этот подход основан на генерации совокупности правил стандартными средствами с последующим определением их характеристик и отбором группы наиболее значимых правил, предоставляемых ЛПР и сохраняемых в БЗ. При этом критерий эффективности правил формируется с позиций теории полезности. Отобранные логические правила составляют основу для формирования дескриптивных моделей, описывающих анализируемый объект или процесс, и, как правило, допускают простую интерпретацию аналитиком.



Структура интеллектуальной подсистемы СППР

В наибольшей степени возможности развиваемого подхода могут быть реализованы при разработке распределенной интеллектуальной СППР, функционирующей при наличии неопределенности. Для этого предлагается структура (рисунок) интеллектуальной подсистемы (ядра) СППР, обеспечивающей способность к обучению и приобретению знаний, а также рассуждению и формированию решений в условиях неопределенности. Интеллектуальная подсистема в СППР координирует все процессы в системе, объединяя в единое информационное пространство системы управления БД и БЗ, осуществляя по мере необходимости обновление и добавление анализируемых данных, а также принимая решения и выдавая необходимые сигналы.

В процессе функционирования объекта данные с датчиков поступают на блок предварительной обработки данных, а затем в БД. В рамках развиваемого подхода к построению гибридной интеллектуальной системы БЗ включает две иерархически взаимосвязанные подсистемы: базу правил и базу моделей. Первая пополняется и корректируется на основе процедур извлечения экспертных знаний и с помощью автоматических методов интеллектуального анализа на основе накопленных данных. База моделей содержит совокупность прогностических, в частности, нейросетевых моделей, которые обучаются на основе выборки, содержащихся в БД. При этом различные задачи решаются с привлечением разнообразных моделей. Для различных состояний системы строится семейство моделей одного типа.

В процессе поддержки принятия решений используются модели, соответствующие решаемым задачам и полученной оценке текущего состояния. Система управления БЗ (СУБЗ) наряду с традиционными задачами обеспечивает выбор необходимых моделей, который осуществляется с учетом накопленных ранее знаний, формализованных посредством логических правил. Блок формирования решений на основе совокупности показателей отбирает множество решений, которое совпадает с множеством Парето или является его подмножеством (в зависимости от установок ЛПР). Эти решения, сопровождаемые прогнозируемыми сценариями развития, предоставляются ЛПР для выбора окончательного решения. Прогноз последствий принятия решений формируется с помощью синтезированных прогностических моделей. При этом синтез таких моделей осуществляется с привлечением как знаний экспертов, так и эмпирических данных.

Вопросы реализации и перспективы внедрения интеллектуальной СППР

В январе 2008 г. Правление ОАО "Газпром" утвердило "Стратегию информатизации", которая направлена на создание в ОАО "Газпром" единого информационного пространства для обеспечения отраслевой интегрированности АСУ и включает три основных этапа.

Первый этап нацелен на повышение прозрачности финансово-хозяйственной деятельности и совершенствование корпоративного управления компаний. Он предусматривает мероприятия по построению фундамента и инфраструктуры единого информационного пространства Группы "Газпром", необходимых для дальнейшего развития систем поддержки принятия управленческих решений.

В рамках второго этапа работы предусматривается совершенствование и развитие функциональности АСУ и телекоммуникаций, а также систем первичного сбора и обработки данных, включая тиражирование шаблона информационно-управляющих систем предприятий в дочерних обществах газового бизнеса.

Третий этап подразумевает внедрение передовых систем управления ОАО "Газпром", новаторских технологий развития минерально-сырьевой базы и инновационных систем управления производством и ТП. В качестве инновационных инструментов рассматривается набор перспективных технологий, призванных обеспечить ряд новых функций информационно-управляющих систем. Отдельные процедуры объединяются в тематические наборы инструментов и обеспечивают:

- интеллектуальную поддержку управленческих решений;
- статическое и динамическое управление процессами;
- интеллектуальный анализ данных;
- диагностику.

Таким образом, реализация предложенного подхода к построению интеллектуальных СППР видится перспективной в рамках третьего этапа "Стратегии информатизации".

На данный момент при проектировании информационно-управляющих систем для газотранспортных предприятий находит применение платформа SAP Business Intelligence (SAP BI). В составе интегрированной системы управления модуль поддержки принятия решений включает блок формирования аналитической отчетности и блок стратегического управления. В рамках SAP BI реализованы такие методы и процедуры интеллектуального анализа, как деревья принятия решений, кластеризация, ассоциативный анализ, регрессия, таблицы взвешенных оценок, ABC-классификация. Однако решения, предоставляемые SAP BI, оперируют лишь ретроспективной информацией и не учитывают

оперативные данные. Кроме того, необходимо автоматизированное управление комплексным применением инструментов интеллектуального анализа данных.

В настоящее время рассматривается возможность применения предложенного подхода к построению интеллектуальной подсистемы СППР в разработке проектных решений по созданию и внедрению информационно-управляющих систем производственно-хозяйственной деятельности для предприятий транспорта газа, входящих в состав ОАО "Газпром".

Заключение

Ожидается, что развиваемый подход к построению интеллектуальных СППР, основанный на взаимодополняющем применении нейросетевых технологий и методов инженерии знаний, позволит повысить эффективность управления за счет объединения формализуемых и неформализуемых знаний, а также интеграции различных средств искусственного интеллекта. Применение предложенного подхода будет способствовать интеллектуализации процессов обработки информации, выявления закономерностей и поддержки принятия решений в масштабе предприятий газовой отрасли. При этом ожидается увеличение прозрачности и гибкости производства; более точное прогнозирование и оптимизация ряда производственных процессов, и, как следствие, снижение производственных затрат и прямых потерь от нерациональных управленческих решений.

Список литературы

1. Антипенко А.Г., Скулкин С.П., Сулов Б.А. Опыт проектирования интегрированных информационно-управляющих систем ОАО "Газпром" // Газовая промышленность. 2009. №5.
2. Крюков О.В., Киянов Н.В. Электрооборудование и автоматизация водооборотных систем предприятий с вентиляторными градирнями: монография. Изд. НГТУ. Нижний Новгород. 2007.
3. Барсегян А.А., Курриянов М.С., Степаненко В.В., Холлод И.И. Методы и модели анализа данных: OLAP и Data Mining. СПб.: БХВ-Петербург. 2004.
4. Милов В.Р., Баранов В.Г., Сулов Б.А. Процедуры интеллектуального управления на основе логического и нейросетевого подходов // Интеллектуальные системы: Труды VIII междунар. симпозиума / Под ред. К.А. Пупкова. М.: РУСАКИ. 2008.
5. Сулов Б.А. Архитектура гибридных интеллектуальных систем для управления сложными техническими объектами // XIII Нижегородская сессия молодых ученых. Технические науки. Материалы докладов. Н.Новгород: Издатель Гладкова О.В. 2008.
6. Баранов В.Г., Милов В.Р., Сулов Б.А. Информационный и статистический подходы к анализу логических правил // Международная научно-техническая конференция "Информационные системы и технологии", посвященная 70-летию ФИСТ. Тез. докл. Н.Новгород: НГТУ, 2006.
7. Баранов В.Г., Милов В.Р., Сулов Б.А. Интеллектуализация систем диспетчерского управления и сбора данных // Международная научно-техническая конференция "Информационные системы и технологии". Н.Новгород: НГТУ. 2007.

Милов Владимир Ростиславович — д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой "Электроника и сети ЭВМ",

Сулов Борис Алексеевич — аспирант Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева,

Крюков Олег Викторович — канд. техн. наук, директор по развитию ООО "Интермодуль".

Контактные телефоны: (831) 4-284-183, 4-289-203. [Http://www.intermodul.ru](http://www.intermodul.ru) E-mail: o.kryukov@intermodul.nnov.ru