

УДК 004.8

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ОПИСАНИЮ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЭКСПЕРТНОЙ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА НА БАЗЕ ПАТТЕРНОВ ПОВЕДЕНИЯ

Е. С. Стариков, Л. И. Сучкова, Ю. Н. Корешков, А. А. Корешкова

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

В статье описан подход к экспертному лингвистическому описанию закономерностей для группы временных рядов, регистрируемых в системе мониторинга, позволяющий формировать многомерные паттерны поведения, используемые для принятия решений по идентификации и прогнозированию состояния контролируемых при мониторинге объектов.

Ключевые слова: экспертная система, прогнозирование, нечеткий временной ряд, паттерн поведения, гибридный подход.

Экспертная система является интеллектуальной информационной системой, предназначенной для решения слабоформализуемых задач на основе накапливаемого в базе знаний опыта работы экспертов в проблемной области. Она включает в себя базу знаний с набором правил и механизмом вывода и позволяет на основании предоставляемых пользователем фактов распознать ситуацию, поставить диагноз, сформулировать решение или дать рекомендацию для выбора действия.

Экспертные системы предназначены для воссоздания опыта, знаний профессионалов высокого уровня и использования этих знаний в процессе управления.

Экспертная система работает в двух режимах:

- режим приобретения знаний;
- режим решения задачи, называемый также режимом консультации или режимом использования ЭС.

В режиме приобретения знаний общение с экспертной системой осуществляет эксперт через посредничество инженера по знаниям. В этом режиме эксперт, используя компонент приобретения знаний, наполняет систему знаниями, описывая проблемную область в виде совокупности данных и правил. Данные определяют объекты, их характеристики и значения, существующие в области экспертизы. Правила определяют способы манипулирования с данными, характерные для рассматриваемой области.

В режиме консультации общение с экспертной системой осуществляет конечный пользователь, которого интересует результат и (или) способ его получения.

Архитектура экспертной системы включает в себя следующие компоненты [1]: интеллектуальный интерфейс пользователя, подсистема приобретения знаний, база знаний, база данных, механизм логического вывода (рис 1).

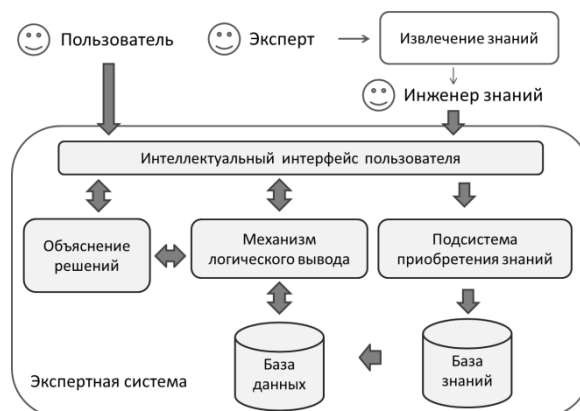


Рисунок 1 – Архитектура экспертной системы

Интерфейс пользователя представляет собой систему программных и аппаратных средств, обеспечивающих для конечного пользователя использование компьютера для решения задач, которые возникают в среде его профессиональной деятельности либо без посредников, либо с незначительной их помощью. Подсистема приобретения знаний

предназначена для добавления в базу знаний новых правил и модификации имеющихся. В ее задачу входит приведение правила к виду, позволяющему подсистеме вывода применять это правило в процессе работы. В более сложных системах предусмотрены еще и средства для проверки вводимых или модифицируемых правил на непротиворечивость с имеющимися правилами. База знаний предназначена для хранения долгосрочных данных, описывающих рассматриваемую предметную область, и правил, описывающих целесообразные преобразования данных этой области. Основу экспертной системы составляет подсистема логического вывода, которая использует информацию из базы данных, генерирует рекомендации по решению искомой задачи. Чаще всего для представления знаний используются системы продукций и семантические сети. Объяснительный компонент экспертной системы объясняет, как система получила решение задачи (или почему она не получила решение) и какие знания она при этом использовала, что облегчает эксперту тестирование и повышает доверие пользователя к полученному результату.

Экспертные системы в настоящее время широко применяются в системах мониторинга состояний природных и техногенных объектов. Так как организация обработки данных в системах мониторинга является основополагающей задачей таких систем, то постоянно ведутся разработки новых алгоритмических решений, увеличивающих эффективность и надежность мониторинга. Кроме того, для систем мониторинга остается актуальной задача прогнозирования данных, результаты которого можно использовать для различных целей, главная из которых – предотвращение нештатных ситуаций в объекте контроля.

Постановка задачи.

Актуальной проблемой является формализация знаний экспертов в форме, пригодной для дальнейшей интеграции в механизм принятия решений экспертной системы. С другой стороны, требуется автоматизация проверки экспертных предположений на архивных данных, что является необходимым условием включения новых знаний в существующую базу экспертной системы.

Существующие формализации экспертных знаний для наполнения базы знаний и методы их представления

Для извлечения экспертных знаний можно применять анкетирование, интервьюиро-

вание, наблюдение [3]. Любые выводы эксперта по своей логической форме представляют собой высказывания, под которыми подразумеваются грамматически правильно построенные предложения, утверждающие что-либо. Экспертные суждения подразделяются на суждения действительности (утвердительное, отрицательное), возможности, невозможности, неисключающее, условное и раздельное. Согласно правилу неопределенности каждая из указанных форм суждений, кроме неисключающих, делится на два вида: суждения достоверности и вероятности.

Наиболее общие методы представления знаний в экспертных системах – правила, семантические сети, фреймы, нечеткие правила и нейронные сети.

Правила обеспечивают формальный способ представления рекомендаций, знаний или стратегий. При этом предметные знания представляются набором правил, которые проверяются на группе фактов и знаний о текущей ситуации (входной информации). Когда часть правила «если» удовлетворяет фактам, то действия, указанные в части «то», выполняется.

Представление знаний с использованием фреймов дает возможность хранить иерархию понятий в базе знаний в явной форме. Фрейм описывает стереотипную ситуацию с помощью ее характеристик (слотов) и их значений (заполнителей слотов) [4]. Слот может содержать не только конкретное значение, но и имя процедуры, позволяющей вычислить его по заданному алгоритму, а также одно или несколько правил, с помощью которых это значение можно найти. Иногда слот включает компонент, называемый фасетом, который задает диапазон или перечень его возможных значений.

Представление знаний с использованием семантических сетей подразумевает, что имеются узлы, соответствующих объектам, понятиям и событиям; а описание отношений между объектами осуществляется с помощью дуг.

Знания могут быть представлены в виде нечетких высказываний эксперта на естественном или формальном языке.

Представление знаний с помощью нейронных сетей обеспечивает возможность воспроизведения отдельных возможностей человеческого мозга.

Таким образом, представление и использование экспертной информации может значительно отличаться для разных экспертных систем, однако темпоральные законо-

мерности в анализируемых данных в универсальных экспертных системах практически не учитываются.

Рассмотрим вопросы, связанные с применением анализа экспертной информации в информационно-измерительной и управляющей системе. Первичными данными этой системы являются результаты измерений, полученные с датчиков и программируемых логических контроллеров, причем данные имеют темпоральный аспект, так как получены в определенные моменты времени.

Классическим математическим аппаратом описания состояния объекта контроля, характеризующегося измеряемыми на протяжении некоторого временного промежутка параметрами, являются модели временных рядов [2, 5], однако для работы с ними для эксперта необходимо разработать формальную основу описания темпоральных событий и закономерностей.

Первичным элементом этой основы будем считать лингвистические значения численных характеристик контролируемых процессов, формируемые с использованием аппарата теории нечетких множеств.

В связи с тем, что к системе мониторинга предъявляется ряд таких требований, как необходимость оперирования темпоральной информацией, относящейся к различным контролируемым процессам, в общем случае не ограниченным какой-либо предметной областью, необходимость реализации возможности идентификации и прогнозирования по этим процессам состояния объекта контроля с учетом логической последовательности и взаимосвязи событий в системе мониторинга, предлагается описывать темпоральные закономерности генеза состояний объекта контроля семантическими правилами в логике «если, то, иначе», дополненной темпоральной и нечеткой составляющими.

Для этого экспертные знания и предположения о динамике контролируемых параметров процессов предлагается описывать на формальном языке, позволяющим оперировать как с четкими значениями, так и с лингвистическими терминами, с учетом продолжительности наблюдения процессов, понятия длительности событий, порядка их следования. Введение лингвистического представления позволит упростить задание параметров прогнозирования в тех случаях, когда требуется анализ достаточно длительной последовательности изменений термов группы или выборки отдельных временных рядов.

Для проверки правильности описания экспертом закономерностей можно применить интерпретацию на данных отдельной выборки фазсифицированных значений группы рядов циклически по всем моментам времени, зафиксированным в архиве [8]. В результате такого анализа формируется численный критерий соответствия прогноза реальным данным, по которому можно оценить правильность экспертных предположений.

Однако, этот способ пригоден только для формирования базы знаний экспертной системы. Применение экспертных правил для принятия решений в реальном времени требует больших вычислительных мощностей.

В качестве формальной основы идентификации текущего и прогнозирования будущего состояния объекта мониторинга будем использовать понятие многомерного паттерна поведения группы временных рядов.

Паттерн поведения группы временных рядов представляет собой набор следующих компонентов [7]:

$$P = \langle B, \Psi B, DB, A, \Psi A, DA, DP \rangle, \quad (1)$$

где B – матрица – шаблон, используемая для сопоставления с ней группы рядов до текущего момента времени;

ΨB – множество вычислительных процедур, переводящих отсчеты временных рядов в элементы матрицы B' , используемой для сопоставления с элементами матрицы B ;

A – прогнозирующая матрица, описывающая поведение контролируемого объекта или группы временных рядов после текущего момента времени;

ΨA – множество вычислительных процедур, формирующих элементы матрицы A либо из отсчетов временных рядов, либо из элементов матрицы B' ;

DB и DA – дескрипторы матриц B и A соответственно, в общем случае тоже являющиеся матрицами, описывающие процессы преобразований отсчетов временных рядов в B' и B' в A посредством ΨB и ΨA ;

DP – вектор – столбец, характеризующий паттерн в целом;

Рассмотрим компоненты паттерна более подробно.

Основным из них является матрица – шаблон B , элементы которой являются элементарными шаблонами – эталонными значениями для сопоставления с отчетами временных рядов. Значения в строке отстоят друг на друга на один шаг временной дискретизации. Примерами таких значений могут

быть численные константы, эталонные значения соответствующего i -того ряда (тип данных определяется типом данных временного ряда), значения, полученные в ходе цифровой фильтрации (например, численное дифференцирование), неопределенные (null) значения – для обозначения отсутствующего или невычислимого значения. Иногда для вычислений значений ряда могут потребоваться данные и из нескольких рядов.

Дескриптор DB в общем случае является матрицей, число строк которой равно числу строк матрицы B. Столбцы в матрице определяют данные и правила для вычисления B. К ним относятся такие параметры, как идентификатор вычислительной процедуры из ΨB для расчета соответствующих значений строки B, параметры данной процедуры, вес строки в итоговой оценке сравнения B' и B, тип данных строки, тип критерия оценки величины сравнения матриц B и B' и его пороговое значение.

Каждая строка прогнозирующей матрицы A в общем случае представляет собой временной ряд. Если значения a_{ij} однородны, то количество столбцов задает число шагов прогнозирования.

Дескриптор DA в общем случае является матрицей, число строк которой равно числу строк матрицы A. Аналогично дескриптору DB, столбцы в матрице определяют такие параметры, как способ определения элементов матрицы A (из исходных временных рядов, из элементов матрицы B, либо задаются статически), идентификатор вычислительной процедуры из ΨA для расчета соответствующих значений строки A и параметры данной процедуры.

Общие свойства паттерна задаются дескриптором DP, который описывает следующие характеристики паттерна – тип критерия соответствия, числовые значения параметров, характеризующие данный критерий, размерности матриц A и B, минимальный интервал выборки отсчетов в группе временных рядов.

Суть процесса идентификации и прогнозирования состояния контролируемого объекта при использовании в информационно-измерительной системе многомерных паттернов состоит в следующем:

1) Получение по данным из системы мониторинга значений группы временных рядов.

2) В соответствии с заданными дескриптором DB правилами из ΨB выполняется расчет матрицы B' .

3) Сравнение содержимого матрицы B' и матрицы-шаблона B по правилам, задаваемым дескриптором DB.

4) Если степень соответствия шаблона высока (критерий сравнения задается в DP), то делается вывод о том, что поведение наблюдаемой группы рядов соответствует заданному шаблону случаю и дальнейшее развитие процесса может быть либо найдено через вычислительные процедуры, выбираемые из ΨA по дескриптору DA, либо же непосредственно взято из прогнозирующей матрицы A.

Таким образом, если имеется формальное экспертное описание темпоральных закономерностей для группы временных рядов, то оно после проверки на базе архивных данных должно быть преобразовано в многомерный паттерн и интегрировано в систему мониторинга. Для этой цели разработан синтаксически ориентированный конвертор описаний.

Практическое применение данной технологии описания и интеграции знаний эксперта в систему мониторинга потребует в реальном времени небольших вычислительных затрат, так как основные операции при сравнении паттерна с реальными данными сводятся к преобразованиям значений временных рядов и сравнению матриц.

Общая схема интеграции многомерного паттерна прогнозирования в экспертную систему представлена на рисунке 2.

Выводы

Предложен способ представления экспертной информации о темпоральных закономерностях контролируемых процессов, который позволяет осуществить проверку правильности описаний на архивных данных, и впоследствии, в случае правильности экспертных предположений, конвертировать описание темпоральных закономерностей в многомерный паттерн поведения, являющийся формальной основой принятия решений в интеллектуальной системе мониторинга.

The diagram illustrates the architecture of an expert system for forecasting. It is divided into several main components and a central processing block.

External Components:

- Эксперт (Expert):** Represented by a smiley face icon, providing input to the expert descriptions.
- Правила темпоральной грамматики (Temporal Grammar Rules):** A box that provides input to the expert descriptions.
- БД (Database):** A cylinder icon that provides input to the pattern analysis block and receives output from the pattern storage.
- База знаний (Knowledge Base):** A cylinder icon that receives data from the pattern storage.

Central Processing Block: Блок проверки закономерностей (Анализатор лингвистического паттерна) (Pattern Check Block (Linguistic Pattern Analyzer))

This block contains the following steps:

- Формирование шаблона паттерна (Pattern Template Formation):** Receives input from the expert descriptions via a "Конвертор описаний" (Description Converter).
- Выборка значений группы временных рядов циклически по заданным моментам времени (N шагов) (Cyclic selection of values of the time series group by given time moments (N steps))**: Receives input from the pattern template.
- Анализ соответствия шаблонов (Pattern Correspondence Analysis)**: Receives input from the cyclic selection step.
- Анализ соответствия прогноза - формирование численного критерия соответствия прогноза реальным данным (Forecast correspondence analysis - formation of a numerical criterion of forecast correspondence to real data)**: Receives input from the pattern correspondence analysis and "Фактические данные (N+1 шаг)" (Actual data (N+1 step)).
- Сохранение лингвистического паттерна как многомерный паттерн поведения (Saving the linguistic pattern as a multidimensional behavior pattern)**: Receives input from the forecast analysis step.

Feedback and Output:

- The "Анализ соответствия прогноза" step outputs a "Низкий критерий" (Low criterion) back to the "Корректировка экспертом функции прогнозирования" (Expert correction of the forecasting function) box, which then feeds back into the "Формирование шаблона паттерна" step.
- The "Анализ соответствия прогноза" step outputs a "Высокий критерий" (High criterion) to the "База знаний" (Knowledge Base).
- The "Сохранение лингвистического паттерна" step outputs data to the "БД" (Database).