

АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МОДУЛЬНОЙ СИСТЕМНОЙ ОНТОЛОГИИ

© 2010 г. В.В. Горюнова

Представлены аспекты декларативного моделирования и онтологического анализа интегрированных систем на основе математического аппарата сетей Петри и систем продукций. Определена модульная онтологическая системная технология (МОСТ-технология), содержащая механизм проектирования, функционирования и разработки интегрированных информационных систем из так называемых онтологических блоков (ОБ).

Ключевые слова: онтологии; онтологический анализ; декларативное моделирование; сети Петри; производственные системы.

Введение

Современное состояние функций и возможностей информационных автоматизированных систем и средств автоматизации предполагает использование интегрированных информационных сред с применением технологий представления знаний при создании автоматизированных информационных систем различного назначения на всех стадиях жизненного цикла изделий (проектирование, производство, эксплуатация и утилизация). Задачи автоматизации процессов эксплуатации предполагают применение моделей и методов децентрализованного и распределенного интеллекта, а также инженерии онтологий при проектировании и использовании автоматизированных систем обработки эксплуатационно-технологической информации сложных специализированных комплексов.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие научные задачи:

- обоснование структуры и принципов функционирования территориально распределенной системы обработки эксплуатационно-технологической информации, поддерживающей процессы сервисного обслуживания и ремонта изделий, в том числе в местах их эксплуатации;

- обоснование требований и разработка проектов технических заданий для создания ряда современных мобильных ремонтно-диагностических средств, обеспечивающих безотказную эксплуатацию изделий, и эксплуатационно-технологической документации к ним.

Декларативное моделирование концептуальных спецификаций эксплуатационно-технологических процессов

Онтология (гр. онтос – сущее, логос – учение, понятие) – философский термин, определяющий учение

о бытии. Подобное описание всегда опирается на определенную концепцию той области, которая обычно задается в виде системы исходных объектов (понятий), отношений между ними и положений (аксиом). Само определение базовых понятий предметной области (агентов, процессов, атрибутов) вместе с основными отношениями между ними называется концептуализацией, поэтому онтологию часто понимают как спецификацию концептуализации.

Онтологии – больше чем просто сложный подход к описанию и классификации информации. Они могут использоваться для поддержки функционирования и развития распределенных интеллектуальных систем.

Инженерию онтологий можно определить как совокупность действий, касающихся:

- процесса разработки онтологий;
- жизненного цикла онтологий;
- методов и методологий построения онтологий;
- набора инструментов и языков для их построения и поддержки.

В настоящее время для создания и поддержки онтологий существует целый ряд инструментов, которые помимо общих функций редактирования и просмотра выполняют поддержку документирования онтологий, импорт и экспорт онтологий разных форматов и языков, поддержку графического редактирования, управление библиотеками онтологий и т.д.

Для определения технологий разработки концептуальных спецификаций введем понятие «декларативное моделирование», которое содержит формальный аппарат описания процессов построения онтологий и предполагает разработку визуально-графических средств реализации следующих важных задач:

- обозначение целей и области применения создаваемой онтологии;

- построение онтологии, которое включает: 1) фиксирование знаний о проблемной области (ПрО), т. е. определение основных понятий и их взаимоотношений в выбранной предметной области; создание точных непротиворечивых определений для каждого основного понятия и отношения; определение терминов, связанных с этими терминами и отношениями; 2) кодирование, т.е. разделение совокупности основных терминов, используемых в онтологии, на отдельные классы понятий; 3) выбор или разработку формальных средств (специальных языков для представления онтологии); 4) непосредственно задание фиксированной концептуализации на выбранном языке представления знаний;

- совместное применение пользователями (исполнителями) общего понимания структуры системы;

- обеспечение возможности использования знаний предметной области (ПрО);

- создание явных допущений в ПрО, лежащих в основе реализации;

- отделение знаний ПрО от оперативных знаний.

Для моделирования сложных систем управления промышленными процессами разработан ряд методологий, например методологии семейства IDEF (Integrated definition). IDEF содержит 14 государственных стандартов, предназначенных для анализа процессов взаимодействия в производственных системах. Для поддержки онтологического анализа применяется методология IDEF5.

Процесс построения онтологии согласно IDEF5 включает пять основных действий:

- изучение и систематизирование начальных условий – это действие устанавливает основные цели и контексты проекта разработки онтологии, а также распределяет роли между членами проекта;

- сбор и накапливание необходимых начальных данных для построения онтологии;

- анализ и группировка собранных данных; эта стадия предназначена для облегчения построения терминологии;

- начальное развитие онтологии – на этом этапе формируется предварительная онтология на основе отобранных данных;

- уточнение и утверждение онтологии – заключительная стадия процесса.

В частности, для поддержания процесса построения онтологии в IDEF5 разработаны специальные онтологические языки: схематический язык (Schematic Language – SL) и язык доработок и уточнений (Elaboration – Language-EL).

Язык SL позволяет строить разнообразные типы диаграмм и схем в IDEF5. Основная цель всех этих

диаграмм – наглядно и визуально представлять основную онтологическую информацию [3].

Существуют четыре основных вида схем, которые используются для накопления информации об онтологии в прозрачной графической форме:

- диаграмма классификации (Classification Schematics) обеспечивает механизм для логической систематизации знаний, накопленных при изучении системы;

- композиционная схема (Composition Schematics) – механизм графического представления состава классов онтологии, позволяющий описывать, что из каких частей состоит, т.е. наглядно отображать состав объектов, относящихся к тому или иному классу;

- схема взаимосвязей (Relation Schematics) – инструмент визуализации и изучения взаимосвязей между различными классами объектов в системе;

- диаграмма состояния объекта (Object State Schematics) – средство документации процессов с точки зрения изменения состояния объекта.

Таким образом, диаграммы состояния в IDEF5 наглядно представляют изменения состояния или класса объекта в течение всего хода процесса. При построении концептуальной модели используются предметные знания в виде набора понятий и связывающих их отношений. Каждое понятие имеет имя и может иметь атрибуты, а каждый атрибут может иметь значение с учетом специфики предметной области.

В основе декларативного моделирования лежит описание системы (организации или предприятия) в терминах сущностей, отношений между ними и преобразование сущностей, которое выполняется в процессе решения определенной задачи.

Основной характерной чертой этого подхода является, в частности, разделение реальных процессов на составляющие и классы объектов и определение их онтологий или же совокупности фундаментальных свойств, определяющих их изменения и поведение.

Подобные технологии в применении к проектированию и управлению эксплуатационно-технологическими процессами предполагают также и декомпозицию на уровни, которые в большинстве случаев обладают иерархической структурой и взаимодействуют с материальными, трудовыми и техническими ресурсами, определяющими функциональные возможности систем эксплуатации изделий в целом [4].

Основная задача при этом – создание интерактивных электронных технических руководств и эксплуатационной документации (ТРЭДов).

Автоматизированное проектирование интерактивных технических руководств и онтологический инжиниринг эксплуатационно-технологических процессов

ТРЭД представляет собой структурированный комплекс взаимосвязанных технических данных, требуемых на этапах эксплуатации и ремонта изделия. Использование ТРЭД позволяет предоставить в интерактивном режиме справочную и описательную информацию об эксплуатационных и ремонтных процедурах, относящихся к конкретному изделию, непосредственно во время проведения этих процедур.

Main-ТРЭД согласно требованиям стандартов должен обеспечивать обработку информации отдельными онтологическими блоками по разделу «Состав изделия и требования к изделию». При необходимости изложения специфических требований допускается вводить и другие подразделы.

Информацию в каждом онтологическом блоке располагают в зависимости от степени важности и формулируют так, чтобы исключить возможность неоднозначного толкования.

Номинальные значения величин, определяющих количественные требования, характеристики (параметры), нормы и показатели изделия и условия его применения, приводят с допустимыми отклонениями. В случае указания наибольших и (или) наименьших допустимых значений величин должны быть указаны пределы допускаемых погрешностей их измерений (оценки), правильность установления которых должна проверяться в ходе метрологической экспертизы ТТЗ (ТЗ), с использованием стандартов.

ТРЭД представляет собой структурированный комплекс взаимосвязанных технических данных, требуемых на этапах эксплуатации и ремонта изделия. Использование ТРЭД позволяет предоставить в интерактивном режиме справочную и описательную информацию об эксплуатационных и ремонтных процедурах, относящихся к конкретному изделию, непосредственно во время проведения этих процедур. При этом предполагается использовать четыре аспекта (конструкторский, технологический, метрологический и диагностический).

Модель онтологии должна обеспечивать: а) представление множества понятий в виде сетевой структуры; б) отображение достаточно богатого множества отношений, включающего не только таксономические отношения, но и отношения, отражающие специфику предметной области; в) использование декларативных и процедурных интерпретаций и отношений.

Под обобщенной формальной моделью онтологии понимается тройка:

$$ONT = (U, lm(R), \Phi), \quad (1)$$

где U – множество понятий предметной области $|U| \neq \emptyset$; $lm(R) = \{w | w: U^n \rightarrow [0, 1]\}$ – множество нечетких (взвешенных) отношений между понятиями предметной области; $\Phi = \{f\}$ – конечное множество функций интерпретации (аксиоматизация), заданных на понятиях и/или отношениях онтологии $O, f; D^n \rightarrow [0, 1]$, D – область интерпретации. Здесь значения истинности представляют собой числа из интервала $[0, 1]$, в частности, их можно понимать как значения вероятности, возможности или необходимости.

Таким образом, онтология понимается как иерархия понятий, связей между ними и системы ссылок на файлы-документы (включая и www-документы), которые привязаны к этим понятиям с помощью формального аппарата онтологического блока (ОБ-блока).

Формально ОБ-блок можно определить кортежем:

$$ОБ = (Input, Output, PSgramm), \quad (2)$$

где Input – описание входов онтологического блока;
Output – описание выходов онтологического блока;
PSgramm – описание схем «тренинга» онтологического блока (циклограмма, сетевой график, схема работ, сеть Петри, марковский процесс и т.п.).

В стандартном варианте при описании классификационных и иерархических структур $Input = \{0, 1\}$, т.е. предусматривается единичный вход в ОБ-блок, который определяет наличие управляющего сигнала: «1» – есть сигнал, «0» – нет сигнала.

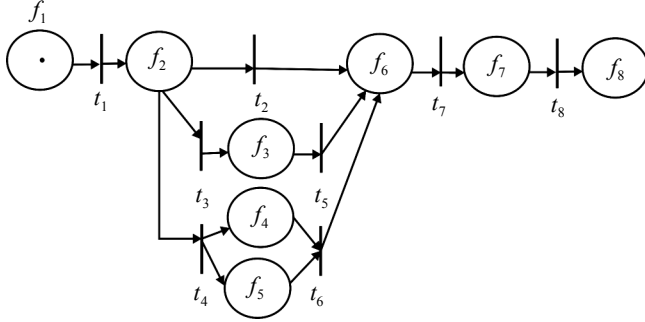
Для отдельного онтологического блока создается базовая сеть Петри [5]. В базовой сети Петри позиции $f_i \in F = \{f_1, \dots, f_m\}$ соответствуют требованиям процесса, реализуемого в системе, а переходы $t_i \in T = \{t_1, \dots, t_m\}$ – операциям (фактам) выполнения требований [4]:

- f_1 – требования надежности;
- f_2 – требования эргономики, обитаемости и технической эстетики;
- f_3 – требования к эксплуатации, хранению, удобству технического обслуживания и ремонта;
- f_4 – требования транспортабельности;
- f_5 – требования безопасности;
- f_6 – требования обеспечения режима секретности;
- f_7 – требования защиты;
- f_8 – требования стандартизации, унификации и каталогизации.

Позиции изображаются кружками, переходы – планками. От кружков к планкам и от планок к кружкам проводятся направленные дуги. В позицию f_i помещается маркер ($f_i = 1$) при выполнении соответствующей

операции, маркеры могут перемещаться между позициями в результате «срабатывания» переходов. Если операция не активизирована, то позиция f_i остается пустой ($f_i = 0$). Размещение маркеров по позициям f_i определяет маркировку сети Петри, в базовой сети задается начальная и конечная (конечные) маркировки.

Пример базовой сети Петри с начальной маркировкой $f_i = 1$ и конечной $f_8 = 1$ дан на рисунке.



С учетом альтернатив определения требований по базовой сети (см. рисунок) может быть получено три варианта выполнения (тренинга) ОБ-блока [6]:

$$q_1 = t_1 t_2 t_7 t_8; \quad q_2 = t_1 t_3 t_5 t_7 t_8; \quad q_3 = t_1 t_4 t_6 t_7 t_8.$$

Для каждого тренинга q_k , для каждого показателя y_j формируется шкала изменения значений y_j так, как показано на рисунке, по целевым аспектам e_k (конструкторский, технологический, диагностический, метрологический). На шкалы целевых аспектов e_1, \dots, e_{N^*} наносим точки условных модельных уровней достижимости параметров, на шкалы $z_{\text{фин}}$, $z_{\text{врем}}$ наносим допустимые точки затрат ресурсов. Далее на каждой шкале y_j размещаем пометки переходов t_i , принадлежащих тренингу q_k , в точках, которые, по мнению эксперта, соответствуют значению y_j в момент срабатывания t_i .

На основании полученных данных определяются условия срабатывания переходов. Например, для перехода t_1 получаем формулу события:

$$s_{t_1} = (e_1 \geq 0,6) \wedge (e_2 \geq 0,3) \wedge (e_3 \geq 0,5) \wedge (e_4 \geq 0,5) \wedge (z_{\text{фин}} \leq 1000) \wedge (z_{\text{врем}} \leq 500), \quad (3)$$

где e_1, \dots, e_{N^*} , $z_{\text{фин}}$, $z_{\text{врем}}$ измеряются в условных единицах.

Для каждого тренинга $q_k = t_{k_1}, \dots, t_{k_i}$ строятся графики возрастания показателей y_j на «модельной» шкале времени $\tau = 0, 1, \dots, T$ по следующему правилу. Пусть переход t_{k_1} запускает операцию f_n , которая завершается при наступлении события $s(t_{k_2})$. Переход t_{k_1} срабатывает в момент τ_{k_1} . Определим момент τ_{k_2} сраба-

тывания перехода t_{k_2} . Для этого в системе координат $\tau - y$ вводим точку $(\tau_{k_1}, y(\tau_{k_1}))$ и из нее проводим линию

$$y(\tau) = y(\tau_{k_1}) + \beta_{h_i} \cdot (\tau - \tau_{k_1}), \quad (4)$$

где β_{h_i} – коэффициент линейности для операции f_h и показателя y_j , $\tau \geq \tau_{k_1}$. Момент τ_{k_2} определяется точкой на этой линии, для которой $s(t_{k_2}) = 1$. Процедуру повторяем для t_{k_i} следующего перехода тренинга q_k и т.д.

Если тренинг содержит параллельные операции (на рисунке тренинг q_3 операции f_4 , f_5), то соответствующие им участки графика суммируются.

Выбор оптимального сценария проводится по критериям достижения максимального уровня требований и минимальных затрат (финансового и временного ресурсов).

Для этого формируем интегральные показатели уровня достижимости требований и уровня затрат, соответственно:

$$I_E = \sum_{j=1}^{N^*} u_{e_j} w_{e_j}; \quad I_Z = \sum_{r=1}^{N^{**}} z_r w_r, \quad (5)$$

где u_{e_j} – уровень достижимости аспекта e_j ;
 w_{e_j} – вес аспекта e_j ;
 z_r – затраты ресурса r ;
 w_r – вес ресурса r .

ТРЭД – структурная единица онтологии, созданная на основе аппаратов продукционных систем и сетей Петри. При реализации включает в себя базу данных (BASE), базу правил-продукций (RULE), механизм вывода на основе сетей Петри (ORGANAZE) и модуль расчетов (CALCULETE), обеспечивает средства визуализации данных и интерактивного взаимодействия с пользователем.

ТРЭД имеет структуру, позволяющую пользователю быстро получить доступ к нужной информации. ТРЭД может содержать текстовую и графическую информацию, а также данные в мультимедийной форме (аудио- и видеоданные). Структура ТРЭД обеспечивает унифицированный способ взаимодействия с пользователем и технику представления информации.

ТРЭДы предназначены для решения следующих задач:

– обеспечения пользователя справочным материалом об устройстве и принципах работы изделия;

- обучения пользователя правилам эксплуатации, обслуживания и ремонта изделия;
- обеспечения пользователя справочными материалами, необходимыми для эксплуатации изделия, выполнения регламентных работ и ремонта изделия;
- обеспечения пользователя информацией о технологии выполнения операций с изделием, потребности в необходимых инструментах и материалах, количестве и квалификации персонала;
- диагностики оборудования и поиска неисправностей;
- подготовки и реализации автоматизированного заказа материалов и запасных частей;
- планирования и учета проведения ремонтных и профилактических работ (техническое обслуживание, текущий, средний и капитальный ремонт);
- определение условий обмена данными между уровнями АСОЭТИ.

Характер использования знаний на каждом из перечисленных уровней имеет ряд особенностей.

Во-первых, коллективное использование знаний предполагает объединение и распределение источников знаний по различным субъектам и, следовательно, решение организационных вопросов администрирования и оптимизации эксплуатационно-технологических процессов, связывающих пользователей автоматизированной системы.

Во-вторых, состав источников знаний определяет, в принципе, конкретные источники знаний, которые могут добавляться и изменяться по мере развития и использования проекта.

В-третьих, поскольку автоматизированная система обработки эксплуатационно-технологической информации (АСОЭТИ) имеет многоцелевое назначение, возникает потребность в интеграции разнообразных источников знаний на основе единого семантического описания пространства знаний в его статическом и динамическом состоянии, представляемого комплексными формальными средствами.

Первые две особенности предопределяют возможность сближения функций администратора-координатора, диагноста-планировщика и исполнителя-эксплуатационника в объединенной роли пользователя-эксперта с ограничением функциональных возможностей по уровням проектирования и использования знаний в АСОЭТИ, т.е. организация процесса проектирования и использования АСОЭТИ сводится к определению функциональной направленности АСОЭТИ (какие функции должны выполняться, какие знания должны интегрироваться, каков должен быть регла-

мент предоставления и использования знаний). Таким образом, группы пользователей-экспертов в большей степени ориентированы на решение задачи, что должна делать АСОЭТИ, а не как эти функции реализуются. В дальнейшем разработанный регламент функционирования АСОЭТИ должен поддерживаться специальной службой (подразделением).

Концептуальная проработка реализации АСОЭТИ с учетом третьей особенности проектирования АСОЭТИ в основном сводится к созданию онтологии, состоящей из распределенных по уровням в среде АСОЭТИ элементов ТРЭДов различного класса, которые могут быть использованы отдельными субъектами системы на принципах тиражирования. Причем в постановке задачи использования единых комплексных средств описания статических и динамических характеристик процесса проектирования задача создания онтологий ТРЭДов становится центральной в разработке АСОЭТИ.

Заключение

Таким образом, концептуальные спецификации играют значительную роль в области автоматизации процессов обработки эксплуатационно-технологической информации и являются определяющими при решении основных задач создания эффективной системы сервисного обслуживания, обеспечивающей поддержание изделий в исправном состоянии с коэффициентом готовности не ниже заданного нормативными документами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Maedche A., Staab S. Tutorial on Ontologies: Representation, Engineering, Learning and Application // ISWC'2002.
2. Farquhar A., Fikes R., Rice J. The Ontolingua server: A tool for collaborative ontology construction // International Journal of Human-Computer Studies, 46(6). P. 707–728. 1997.
3. Function block for industrial-process measurement and control systems. Part 1. Architecture, International Electronical Commission. Geneva. 2005. P. 205–209.
4. Горюнова В.В. Модульная онтологическая системная технология в управлении промышленными процессами // Приборы и системы. 2008. №2. С. 62–67.
5. Горюнова В.В. Модели и методы проектирования технологических процессов механообработки на основе сетей Петри: Автореф. дисс... канд. техн. наук. Москва, 1994. 22 с.
6. Горюнова В.В. Модульная технология в интеллектуальных информационных системах: Науч.-техн. сб. ст. «Динамика гетерогенных структур». Вып. №4. 2008. Пенза, 2008. С. 145–147.

Поступила в редколлегию 6.04.09

ANALYSIS OF WORKING AND TECHNOLOGICAL PROCESSES WITH USE OF MODULAR SYSTEM ONTOLOGY

V.V. Goryunova

We consider here some aspects of declarative design and ontological analysis of integrated systems using as the base the mathematical apparatus, Petri nets, and systems of productions. For this, we developed the modular ontological systems technology (MOST-technology) that uses the mechanism of design, operation, and development of integrated information systems from the so-called “ontological blocks” (OBs).

Key words and expressions: ontologies; ontological analysis; declarative modeling; Petri nets; systems of productions.

Горюнова Валентина Викторовна – канд. техн. наук (Пензенский артиллерийский инженерный институт)
E-mail: gvv17@mail.ru