

УДК 67:338.2

ПРОБЛЕМЫ ФОРМАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ*М.В. ВОРОНОВ***(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)**

Предметом нашего исследования являются описания производственных технологических процессов (ТП) в легкой и текстильной промышленности.

Естественно, что наибольшее распространение получили вербальные описания технологий. При этом большинство из них построено по следующей схеме: в определенной последовательности на естественном языке, изобилующем терминами определенной науки, приводятся последовательности имен операций, для каждой из которых указываются обрабатываемые объекты, рекомендуемое оборудование, перечень вспомогательных материалов и технологические параметры операции, а также методические указания по выполнению последней. Такие описания удобны для издания печатной продукции, в первую очередь, наставлений и справочников.

Прямой перевод вербальных описаний ТП на цифровые носители неэффективен вследствие слабой структурированности естественного языка. Конечно, можно, набрав в редакторе или отсканировав тексты описания ТП, построить целые библиотеки в виде упорядоченных наборов соответствующих файлов. Однако такие наборы файлов не могут быть напрямую преобразованы в соответствующие базы данных и знаний. В такого рода хранилищах крайне усложнен содержательный поиск ТП в целом и их фрагментов в частности, не могут быть решены задачи автоматизированного управления процессами анализа и синтеза новых технологий.

Таким образом, можно констатировать, что имеется диалектическое противоречие между постоянно расширяющимся объемом технологических знаний, зафиксированных, главным образом, в виде вербальных описаний, и потребностью в их компьютерной обработке. Разрешение этого противоречия лежит через разрешение проблемы построения эффективных механизмов формализованного описания ТП с целью широкого применения компьютерных технологий для манипулирования ими.

Разрешение этой проблемы предусматривает решение целого ряда взаимосвязанных теоретических и прикладных научных задач: разработку механизмов формализованной записи ТП как конструктивных процессов, создание методов формализованного описания технологических переходов и построение полей понятий фиксированных предметных областей, разработку интеллектуализированных компьютерных комплексов для хранения и манипулирования технологическими знаниями, решение проблемы автоматизированного синтеза технологических процессов и некоторые другие.

Технологический процесс можно описывать на различных уровнях и аспектах декомпозиции. Выделим лишь три основных (с позиции производства) уровня описания ТП.

Описание технологического процесса по схеме "Вход – Выход". В этом случае в целом, не раскрывая деталей, описываются цели процесса, дается описание основных

характеристик исходных и готовых объектов, а также приводятся обобщенные технологические параметры. Иногда описывается состав оборудования и перечисляются основные элементы ТП.

Пооперационное описание. При этом наиболее распространенном на предприятиях способе описания ТП представлен в качестве упорядоченной последовательности так называемых технологических операций.

Под операцией (в данном случае производственной) обычно понимают часть ТП, выполняемую на одном рабочем месте. Ее рассматривают в качестве основной единицы при решении вопросов организации технологического процесса на предприятиях. При таком пооперационном описании ТП основное внимание уделяется упорядоченному перечислению реализуемых операций и вербальному описанию каждой из них в отдельности. Описание операции состоит из перечисления используемого оборудования, наименований вспомогательных материалов, указаны также технологические параметры операции и основные требования к обрабатываемым объектам (деталям).

Например, операция "Намазка клеем отшлифованных задних краев голенищ и сушка" может быть описана так: на отшлифованные задние края голенищ наносится клей ровным тонким слоем, без пропусков и загрязнения остальной части голенищ. После намазки клеем голенища укладывают в люльки сушила и высушивают клеевую пленку под вытяжкой до полного удаления растворителя. В качестве вспомогательных материалов выступает клей. Оборудование: машина для намазки клеем деталей заготовок обуви и сушило с инфракрасными лампами.

Попереходное описание. Технологическим переходом (ТПР) обычно называют такую минимальную, в некотором смысле слова обособленную часть технологического процесса, в результате выполнения которой при данной настройке оборудования обрабатываемый объект получает некоторое существенное изменение, качественно приближающее его к готовому изде-

лию. При попереходном описании ТП нет следующих непосредственно друг за другом вполне одинаковых переходов. Каждый переход обязательно отличается от остальных, например, используемым составом или настройкой оборудования, значениями параметров процесса и т.п. Каждая операция содержит один или более переходов. Так, в предыдущем примере описана операция, в которой можно выделить два перехода: собственно намазывание заготовки клеем и ее сушка.

Попереходное описание для большинства случаев практики достаточно детально описывает ТП и относительно автономно от условий конкретного производства. Важно подчеркнуть, что именно попереходное описание естественным образом отображает конструктивный характер технологического процесса.

Действительно, в большинстве технологий разрыв процесса изготовления продукта в течение технологического перехода невозможен или крайне нецелесообразен. В связи с этим с позиций производства технологический переход можно рассматривать в качестве элементарного шага ТП.

По окончании каждого перехода обрабатываемый объект приобретает новое качество, приближаясь к законченному виду. Одни переходы направлены на обработку одной и той же части изделия (последовательность переходов). Другие – реализуют объединение частей будущего изделия, получаемые после выполнения двух или более технологических переходов, некоторые из которых могли до этого выполняться и параллельно.

Технологический процесс построен так, что после завершения конечного числа переходов всегда будет изготовлен ожидаемый продукт. При этом готовый продукт условно можно разложить на элементы (компоненты, свойства, ...), приобретаемые после завершения каждого перехода.

Приобретение заданных свойств обеспечивается строгим исполнением требований, предъявляемым как к каждому переходу, так и к их последовательности. Последовательность реализованных переходов в известной мере определяет подмно-

жество требований, которые должны выполняться при последующих переходах именно вследствие выбранной последовательности их следования. Иначе говоря, на каждом этапе ТП должно формироваться подмножество правил, обусловленное сложившейся технологической ситуацией.

Конструктивный характер, присущий описанию ТП в виде упорядоченной совокупности технологических переходов, и разработанный метод конструктивно-имитационного моделирования [1], обеспечивают хорошие перспективы для решения многих научных задач, входящих в поставленную проблему.

Каждый технологический переход направлен на реализацию вполне определенной целедостигающей функции над объектами обработки. Следовательно, центральным компонентом описания каждого перехода является вполне определенное технологическое действие (F), направленное на обрабатываемый объект (X) с целью получения желаемого результата (Y). Для реализации технологического действия используется некоторое оборудование W и так называемые вспомогательные материалы V. Технологический процесс обычно сопровождается появлением побочных продуктов (отходов) U. Иначе говоря, модель технологических знаний о ТПР может быть представлена кортежем $M = \langle X, Y, F, W, V, U \rangle$.

Каждый из названных компонентов модели описания ТПР, в свою очередь, представляет собой модель знания о группе соответствующих понятий и их взаимодействиях.

Поскольку введение того или иного понятия, как правило, реализует идею кластеризации знаний, модель ТПР целесообразно построить в виде совокупности фреймов. Структура фреймов модели для каждого компонента стандартная: их слоты содержат значения атрибутов, отношения, ссылки на процедуры и другие фреймы. Важным отличительным фактором в построении модели каждого описания понятия играют вводимые во фрейм так называемые его ролевые признаки. Они разделяют атрибуты описываемого понятия

по отдельным аспектам, что позволяет четче ориентироваться в содержательном смысле как данного понятия, так и ТПР в целом.

Как известно [2], все особенности фреймовых моделей заключаются обычно в их конкретной реализации. Помимо содержательного контекста фреймы, входящие в модель ТПР, относятся к различным классам описываемых сущностей. Так, пять из компонент модели ТПР, а именно: X, Y, W, V и U представляют собой предметы, а пятый компонент (F) – действие. Это обуславливает некоторые различия в построении соответствующих фреймов.

Технологический переход – это, в первую очередь, действие. Поэтому в основу построения модели описания ТПР как процесса положена процедура построения фрейма "Технологическое действие (F)", в котором и находится по существу основное содержание технологического перехода. Именно наличие в модели понятий из класса "Действие" отражают особенности моделей описания ТПР.

Понятие "Технологическое действие" в своей основе имеет некоторый глагол (отметим, кстати, что количество глаголов по отношению к количеству понятий из класса "Предмет" сравнительно невелико). Широкое же разнообразие технологических действий главным образом определяют состав и значение их параметров (атрибутов), а также особенности взаимодействия с предметами, участвующими в ТПР. Для удобства во всех фреймах в описаниях понятий ТПР проведена группировка слотов по аспектам рассмотрения и описаны соответствующие ролевые признаки.

Во фрейме типа "Технологическое действие (F)" для описания содержания понятия введены группы пар слотов (имя слота + значение слота), имеющие различную природу. Для описания лингвистических и образных знаний удобно использовать падежные отношения, такие, как: "с чем", "для чего", "как", "из чего", "в каком направлении", "инициатор действия", "результат действия", "инструмент действия" и другие. Отношения такого рода в первую очередь связывают действие ТПР с пред-

метами в нем участвующими (бинарные отношения типа "предмет" – "действие"). Их значения позволяют описывать особенности участия предметов в ТПР.

Имеется также группа бинарных семантических отношений, описывающих свойства (параметры), собственно действия ТПР. Например, место (строчки), температура (вулканизации), режим (нагревания), продолжительность (отбеливания) и т.п.

Построение фрейма каждого понятия из класса "Предмет" более прост, однако группы слотов сгруппированы по определенным аспектам. Его описание могут формировать различные отношения, однако основу составляют отношения типа "A is a B".

Пример. Пусть задано следующее вербальное описание ТПР: на верхний край голенищ сапог с обеих сторон наносят равномерный слой наиритового клея, без пропусков и загрязнений остальной части голенищ. Ширина намазываемого слоя с лицевой стороны должна быть 7...8 мм, а не с лицевой стороны 8...10мм.

Модель ТПР "Намазка клеем верхних краев голенищ сапог" содержит фреймы: ЗАГОТОВКА – "голешище", ДЕЙСТВИЕ – "намазка", ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ – "наиритовый клей", ОБОРУДОВАНИЕ – "машина для намазки клеом деталей заготовок обуви", ПРОДУКТ (полуфабрикат) – "готовые к вулканизации голенища сапог".

Во фрейм "намазка" включаются отношения (в качестве имен слотов): ЧАСТЬ ЗАГОТОВКИ, КАКОЙ (слой), ОБЛАСТЬ (намазки), РАЗМЕР (области намазки), КАК (наносится клей) и другие. Значения этих слотов могут быть такие: "верх", "лицевая сторона", "нелицевая сторона", "равномерный слой", "полоса шириной 7...8мм" и т.п.

Из вышеизложенного следует, что для моделирования описания ТПР необходимо иметь полную совокупность формализованных описаний понятий рассматриваемой предметной области. Для накопления, структуризации, хранения, обработки и представления описаний понятий необходима специальная система.

Поставлена цель: разработать метод построения вполне гибких информационных систем понятий данной предметной области. Эта система должна обеспечивать процесс впитывания в себя все новых и новых сведений (в том числе и не структурированных) о понятиях данной предметной области, поступающих от любого носителя знаний, с одной стороны, а с другой – в удобной форме и с необходимой полнотой – получение сведений, которые могут заинтересовать пользователя.

Наличие подобного рода систем должно позволять научному коллективу или отдельным специалистам, без какой-либо специальной подготовки в режиме диалога вводить в систему знания о понятиях выбранной предметной области. Система, независимо от используемой лексики и классификаторов, должна формировать и поддерживать развивающуюся структуру введенных понятий. Пользователю системы должна быть предоставлена возможность непосредственно или в составе других информационных комплексов эффективно использовать всю имеющуюся в этой системе информацию.

Для решения поставленной научно-практической задачи предложена и осуществляется разработка перманентно наращивающейся самоорганизующейся системы понятий данной предметной области, построенной на основе реализации следующих принципов.

1. Каждый пользователь самостоятельно вносит свои знания о конкретной сущности данной предметной области.

2. Определение места вносимого понятия и сведений о нем в систему реализуется в интерактивном режиме на основе семантики и сформировавшейся в системе структуры ранее введенных сведений; при этом роль компьютерной системы активна. Задавая вопросы и анализируя ответы, система ведет пользователя, вырабатывая рекомендации по его дальнейшим действиям.

3. В основе алгоритмов формирования рекомендаций лежит расчет семантической меры расстояния между вводимым понятием с его свойствами (в рамках дан-

ного аспекта рассмотрения) и уже имеющимися в системе. Написание имен понятий не должно иметь существенного значения.

4. Вводимые понятия могут являться либо детализацией некоторого существующего в системе понятия, либо "параллельным" по отношению к нему понятием, либо локально обобщающим понятием.

В основу функционирования системы положен интерактивный процесс погружения нового понятия в систему на основе механизма многоаспектного сравнения понятий.

Опишем суть этого механизма.

Пусть в системе уже имеется некоторое множество базовых понятий, каждое из которых декомпозировано на более узкие понятия (построен какой-то "лес" понятий). Для каждого ранее введенного понятия в системе имеется структурированное по аспектам его содержания и формализованное в форме фрейма описание.

У пользователя есть намерение ввести в систему понятие, о котором он имеет определенные сведения. Процесс начинается с установления раздела рассматриваемой

предметной области и соответствующего корневого понятия, к которому относится вносимое понятие. Цель: для вводимого понятия найти его место в дереве декомпозиции корневого понятия.

Предположим, что пользователем каким-то образом выбрано и зафиксировано уже находящееся в системе понятие P_k . Система представляет пользователю описание содержания этого понятия S_k (фрейм-экземпляр), фрейм-прототип (пустую структуру) и предлагает заполнить этот фрейм-прототип для вводимого понятия. Заполняя слоты-значения атрибутов вводимого понятия в предложенной структуре S_j , пользователь может оказаться в одной из трех ситуаций.

1. Все предложенные значения заполнены, но пользователь считает необходимым указать для вводимого понятия дополнительные атрибуты. Это означает, что вводится понятие частное по отношению к P_k . Данный факт считается установленным, если структура содержания вводимого понятия имеет большее количество атрибутов:

$$S_k \subset S_j, \exists s_i : (s_i \in S_j) \wedge (s_i \notin S_k) \wedge |S_j| > |S_k|.$$

В этом случае система предложит перейти к следующему, более низкому уровню декомпозиции.

2. Пользователь считает, что некоторые атрибуты предложенной структуры не ха-

рактерны для вводимого понятия, а новых атрибутов вводимое понятие не имеет. Это говорит о том, что вводимое понятие является более общим, чем P_k :

$$S_j \subset S_k, \exists s_i : (s_i \in S_j) \wedge (s_i \notin S_k) \wedge |S_j| < |S_k|.$$

Пользователю будет рекомендовано вводимое понятие считать понятием более высокого уровня по отношению к сравниваемому.

3. Во вводимом понятии имеются атрибуты, не входящие в S_k , а в последнем присутствуют атрибуты, не характерные для вводимого понятия:

$$\exists s_i : (s_i \in S_j) \wedge (s_i \notin S_k), \exists s_h \neq s_i : (s_h \notin S_j) \wedge (s_h \in S_k).$$

Система предложит перейти к сравнению свойств с другим понятием этого же уровня, что и P_k , то есть с "параллельным" понятием. Если все "параллельные" для данного уровня декомпозиции понятия

просмотрены, то система предложит вводимое понятие рассматривать в качестве нового "параллельного" понятия.

Этот механизм погружен в сложный алгоритм функционирования системы, ко-

торый имеет ряд важных моментов. Так, например, при решении о вводе нового понятия пользователь может ввести свойства, которых ранее на данном уровне декомпозиции базового понятия не было. Известно, что свойства понятия данного i -го уровня присущи всем его подпонятиям (всем понятиям уровней $k > i$). Поэтому в этом случае система во все структуры описания понятий данного поддерева (от данного уровня и ниже!) автоматически введет соответствующие новым свойствам слоты – названия атрибутов с пустыми слотами-значениями. Тем самым система не только впитывает новые понятия, но и за счет расширения структуры описания способствует расширению знаний о ранее введенных понятиях.

Важно отметить, что никакой пользователь не может изменить введенную ранее информацию. Он может лишь ввести новую и воспользоваться всей имеющейся в системе информацией.

Для каждого понятия может быть введено неформализованное описание в виде статьи. В этой статье в мультимедийном представлении содержится информация, соответствующая данному уровню знаний пользователя о вводимом понятии. В частности, для понятий, характерных для технологических процессов, полезно анимационное и видеозапись фрагментов реальных процессов.

Особенностью этих описаний является использование в них гиперссылок на другие понятия, включенные в систему. Это

позволит строить содержательно связанные тексты по тематике данной предметной области.

ВЫВОДЫ

Разработка методов и средств компьютерного описания технологий позволит на качественно новом уровне решить следующие научные и практические задачи:

- накопления и сохранения ценных сведений о технологиях как сложного для структуризации информационного ресурса;

- оперативного многоаспектного содержательного анализа производственных технологий;

- создания новых учебно-методических средств обучения, создания компьютерных интеллектуализированных энциклопедий по соответствующим предметным областям;

- вплотную подойти к разработке автоматизированных методов синтеза новых технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воронов М.В. // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. – СПб., 1997, №1. С.53...60.
2. Микони С.В. Модели и базы знаний: Учебное пособие. – СПб., 2000.

Рекомендована кафедрой прикладной математики и информатики. Поступила 20.06.01.