

Метод формализации описания технологических процессов

М. В. Воронов

Московский государственный психолого-педагогический университет, г Москва

mivoronov@yandex.ru

Аннотация

Рассматривается проблематика формализации представленных в вербальной форме текстов. Представлен метод трансформации текстовых описаний технологических процессов в формальный вид с требованием высокого уровня сохранения их содержания. Обсуждаются вопросы применения отображающих технологии математических проблем.

Введение

Для обеспечения своего существования обществу необходимо удовлетворять свои потребности. Для этого, обладая способностью мыслить, человек разумный, преследуя определенные цели, разрабатывает планы своей деятельности, создает для их реализации подходящие условия и осуществляет соответствующие действия. Способы осуществления этой составляющей своего бытия связывают с понятием «технология».

Термин «технология» трактуется по-разному. Технологией обычно называют процесс (технологический процесс) преобразования при определенных условиях данного (исходного, входа) в желаемое (результат, выход). Чаще всего это процесс изготовления конкретного продукта. Однако и процесс оказания услуг, и процесс обучения, и процесс излечения больного, а также многие другие упорядоченные совокупности целенаправленных действий также называют технологиями. В любом случае имеют ввиду последовательное выполнение вполне определенных действий, направленную на достижение определенного результата.

Технологией называют и описание конкретного технологического процесса. В этом случае имеют ввиду совокупность знаний о том, кем, чем, когда, при использовании каких материалов, оборудования и методов, при каких значениях параметров реализуется описываемый технологический процесс. Наличие описания технологических процессов позволяет не только сохранять соответствующие знания, но и транслировать их, использовать для усовершенствования существующих и создания новых. По мере развития вычислительной техники и средств коммуникации резко повышается результативность оперирования описаниями технологических процессов.

Разработка и использование технологий является неотъемлемой сущностью жизни

общества, обеспечивающего его развитие, они являются все более важным ресурсом человечества, и оно всегда будет стремиться к его преумножению. В этой связи разработка новых и усовершенствование существующих технологий в самых различных областях деятельности людей относились и будут относиться к одним из самых актуальных задач прикладной науки в целом и прикладной математики в частности.

Разработка все новых и новых технологий продолжается с высокой интенсивностью. По мере накопления арсенала технологий актуализируются задачи эффективного манипулирования ими. Даже синтез качественно новых технологий в существенной мере базируется на технологиях существующих.

Технологии сопровождают все без исключения сферы деятельности людей. Так даже для выпуска одного и того же изделия могут использоваться различное оборудование и материалы, по-разному осуществляться собственно производственные процессы. Отсюда различие в качестве продукции, ее себестоимости и, как следствие, требуются иные технологии в области организации производства, экономики предприятия, менеджмента, используются специалисты различного уровня и профиля подготовки. Таким образом оказываются задействованными все службы предприятия и многие его смежники (партнеры).

Понятно, что для решения возникающих в такого рода ситуациях задач целесообразно использовать соответствующие программно-технические комплексы, более того, эта целесообразность постепенно переходит в необходимость.

Таким образом, технологии можно отнести к наиболее важному ресурсу, которое создает и всегда будет продолжает активно создавать человечество. В этой связи решение вопросов, связанных с повышением эффективности сбора описаний технологий, их структуризации,

хранения, и эффективного практического использования является весьма актуальной темой научных исследований.

Постановка задачи

Пусть задан текст, описывающий на естественном языке определенный технологический процесс. Требуется представить этот текст в формальном виде, причем так, чтобы сохранялась возможность последующего адекватного воспроизводства этой технологии. Для этого формализованное описание должно в максимальной степени сохранять смысл исходного текста.

Поскольку описание технологий обычно представлено на естественном языке в виде текстов дополненных различного рода рисунками, схемами, таблицами, разработка их формализованного представления является весьма сложной задачей, но актуальность решения которой вынуждает искать все новые и новые подходы к ее решению. Данная статья посвящена изложению одного из них.

Следует отметить, что на пути формализации манипулирования текстами достигнуты заметные успехи. Причем это касается не только вопросов разработки методов бессодержательной компьютерной обработки текстов, но и в проблематике манипулирования текстами и их составляющими с учетом их содержания [1]. Так представляется заслуживающим внимание попытка замены лексико-грамматической структуры текста денотативной структурой графа, который отображает присутствующие в тексте семантические связи [2]. Следует заметить, что операции построения такого графа заключаются в определенной материализации результата понимания содержания. В этой связи методики построения денотатного графа включают большое число процедур творческого характера, которые каждый индивидуум реализует вообще говоря, по-своему, и это приводит к неоднозначной трактовке одного и того же текста. Необходима разработка методов, включающих минимум творческой составляющей субъектов.

Несмотря на активную разработку этой тематики, все большее число авторов согласны с тем, что в полной мере адекватная передача заложенного в текст содержания формальными средствами невозможна. [3,4,5,6]. Правда, это заявление относится к произвольному по структуре представленному в вербальной форме тексту и касается адекватной передачи содержания в полной мере. Последнее, кстати, трудно однозначно понять и требует серьезного обсуждения.

Однако существуют тексты, специфика которых в определенной мере способствует успешному решению поставленной задачи.

Таковыми являются так называемые регулятивные тексты, которые предназначены для передачи алгоритмов реализации упорядоченной совокупности предписанных действий [7,8]. Их назначение заключается в выполнении координационной функции, поэтому такие тексты и названы регулятивными. К ним относятся различного рода распоряжения, приказы, инструкции, а также описание технологических процессов и даже некоторые виды учебно-методических текстов.

Само назначение регулятивных текстов обуславливает требования к таким их свойствам как: логичность и точность (отсутствие иносказаний), связность и цельность, ясность изложения, понятность (за счет отсутствия, в частности, эмоциональной окраски и различных образных средств), доступность (за счет использования специфической, например, профессиональной лексики). Эти обстоятельства открывают, как нам представляется, возможности достаточные для формализации регулятивных текстов с высоким уровнем сохранения их семантики.

С точки зрения лингвистики регулятивные тексты, в основном, представляют собой упорядоченную последовательность побудительных предложений. Иначе говоря, практически каждое входящее в них предложение (или логически агрегированная их группа) описывает конкретное отдельное действие, приводящее к определенному результату (смене состояния рассматриваемой системы), которое можно трактовать, как описание элементарного содержательного элемента данной технологии. Следовательно, регулятивные тексты в известной мере представляют собой словесно выраженный алгоритм последовательности целенаправленных действий. Благодаря этим качествам и открываются перспективы разработки методов формализации вербального описания технологий.

Итак, в структурном аспекте вербальное описание технологического процесса представляет собой упорядоченную последовательность побудительных предложений, каждое из которых описывает элементарное (элементарное для данного описания) действие, например, операцию как часть технологического процесса или ее составляющие (установы, технологические переходы, позиции и т.п. Содержательную основу таких предложений обычно составляет глагол (глагольное выражение), представляемый в виде императивной глагольной словоформой (включить, проверить, повернуть и т.п.). Именно она собственно и описывает элементарное технологическое действие, которое переводит акторов этого действия, а, следовательно, и всю рассматриваемую систему, в новое состояние. Кроме того, в предложении присутствуют

непосредственно участвующие в описываемом действии объекты (станки, инструменты, материалы), а также описан ряд уточняющих условий (обстоятельств, дополнений, ограничений).

Упорядоченная последовательность такого рода предложений и представляет собой словесно выраженное описание последовательности целенаправленных действий. Именно такая структура построения текстов в наибольшей мере соответствует преследуемым целям: как можно определённые, точнее и понятнее отображать построение и протекание технологических процессов.

В этой связи некоторые авторы полагают, что семантически тексты совпадают, если совпадают их предикатные выражения составляющих их предложений [9]. В известной мере это так. По крайней мере последовательность побудительных предложений и использование профессионально лексики обеспечивает возможность в целом уяснить суть описываемого технологического процесса. Вместе с тем при описании таковых помимо фиксации в формализованной форме информации о собственно действиях, важное место занимают сведения о конкретных условиях совершения действий. Именно в деталях, соответствующих отдельным действиям, часто скрыты «изюминки» данной технологии. В достаточной мере адекватное отображение окружающих предикатные формы требует аккуратного формального отображения часто встречающихся определений, дополнений, обстоятельств и прочих «деталей» описания. В преодолении этой трудности существенную помощь может оказать следующий факт: в описании технологических процессов данной предметной области в основном используется устоявшаяся лексика. Тем самым используемые термины и фразеологизмы интерпретируются практически однозначно.

Принимая во внимание вышеизложенное был разработан метод формализованного представления регулятивных текстов [10]. Суть этого метода заключается в обеспечении передачи предметной сущности используемых в исходном тексте слов и причинно-следственных связей между ними, отображаемых соответствующим конструктивным алгоритмом [11]. В данной статье делается попытка применить этот метод для формализации текстов, описывающих технологические процессы.

Модель отдельного этапа технологии

Поскольку каждый технологический процесс может трактоваться как упорядоченная совокупность взаимосвязанных этапов (подпроцессов, стадий, действий, операций), его формальной моделью может явиться сеть, узлами

которой выступают модели элементарных для данного описания технологического процесса компонентов – его этапов. В этой связи центр тяжести решения поставленной задачи смещается к построению формальных структур, отображающих описание отдельных элементарных для данного описания этапов рассматриваемого технологического процесса.

Описание отдельного этапа обычно осуществляется одним побудительным предложением, которое может быть дополнено некоторыми фразами, носящими конкретизирующий, уточняющий или детализирующий характер. При этом сообщаются следующая основные сведения:

- об исходном состоянии совокупности объектов рассмотрения, непосредственно предшествующем началу именно этого этапа;

- о результирующем состоянии рассматриваемой системы на момент окончания реализации этапа;

- о собственно действии, осуществление которого обеспечивает перевод системы из данного исходного состояния к описанному результирующему.

В этой связи теоретико-множественной моделью части текста, описывающей отдельный этап технологического процесса, может стать тройка $P = \langle X, D, Y \rangle$, где D – предикат, передающий собственно описываемое действие, X – формальное описание состояния системы на момент начала этапа. Фактически это множество находящихся в исходном для данного этапа состояния участников этого действия (акторов действия). Y – формальное описание состояния системы на момент окончания этапа. Фактически это множество компонентов системы, которые изменили свое состояние на момент окончания этапа.

По существу, формализация описания данного этапа заключается в фиксации двух состояний рассматриваемой системы: до и после реализации этого этапа. Связь между ними осуществляет присутствующий в данном побудительном предложении предикат, определяя к какому из двух множеств X и Y следует соотнести все другие используемые в этом предложении слова и фразы.

Механизм этой фиксации заключается в следующем. Предполагается, что для данной предметной области имеется библиотека описания терминов, представленных в виде фреймов, каждый из которых в формальном виде содержит описание используемых в рамках данной предметной области сущностей. Важно отметить, что эту библиотеку целесообразно создавать с помощью интенционального метода построения родовидовой структуры совокупности фреймов [12]. Присутствующие в этой библиотеке фреймы-прототипы содержат

описание свойств и характеристик, присущих сущностям, обозначаемым данным термином. Фиксация смысла рассматриваемого термина осуществляется за счет актуализации значений характеристик, значения которых указаны в рассматриваемом фрагменте текста, т.е. формирование из термов прототипов фрейм-экземпляры.

Тем самым смысл использованных в рассматриваемом тексте слов, как имен конкретных сущностей, фиксируется в виде упорядоченной совокупности всех внесенных в соответствующие фреймы их характеристик и значений. Это обеспечивает не только более однозначную фиксацию передаваемого смысла, чем запись лишь имени сущности, но и позволяет сформировать простой алгоритм сравнения состояний рассматриваемой системы, что является одним из ключевых моментов излагаемого метода.

Описанная схема позволяет получить формальное представление побудительного предложения, описывающего одно элементарное (в рамках исходного текста) технологическое действие. Его структура представлена на Рис.1, а моделью, отображающей смысловое содержание описания элементарного технологического действия, выступает тройка фреймов-экземпляров

$$M_q = \langle FD(q), \{FX_{iq}\}, \{FY_{qj}\} \rangle, \quad (1)$$

где $FD(q)$ – фрейм-экземпляр, описывающий концепт-действие данного предложения под номером q , на рис.1 он обозначен через d_q ;

$\{FX_{iq}\}$ – множество фреймов-экземпляров, описывающих исходное состояние участвующих в данном действии акторов $X_q = \{x_{iq}\}$, назовем их входными портретами акторов; $\{FY_{qj}\}$ – множество фреймов, описывающих

совокупность акторов $Y_q = \{y_{qj}\}$, изменивших свое состояние в результате реализации описываемого действия, назовем их выходными портретами соответствующих акторов.

Формирование формального отображения каждого элементарного технологического действия осуществляется оператором в автоматизированном режиме. Для этого он:

– поочередно выделяет из рассматриваемого предложения обозначающие конкретную сущность слова (фразы). Лучше начинать с термина, обозначающего собственно действие, который является основой описания элементарного технологического действия, а его валентность помогает определять характерные

для него характеристики и связи с другими членами предложения [13];

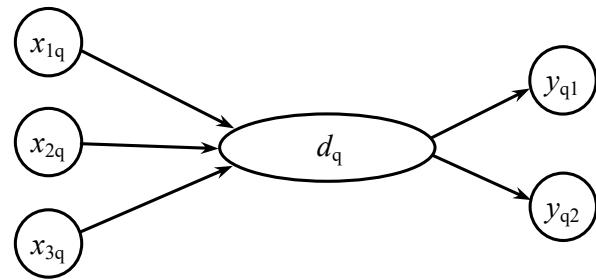


Рисунок 1 – Структура модели предложения регулятивного текста

– для выбранного слова в автоматизированном режиме активизируется заполнение соответствующего фрейм-экземпляра, описывающего соответствующую сущность (если для данной сущности фрейм-прототип образец еще не заведен, он предварительно генерируется);

– определяется, в каком отношении эта сущность находится с иными компонентами рассматриваемого предложения, и эта информация также фиксируется в соответствующих слотах фрейма.

Количество принимаемых оператором носящих творческий характер решений при этом минимально. Этот факт является одной из отличительных моментов предложенного метода, поскольку обеспечивает практическую независимость решения поставленной задачи от личностных характеристик оператора.

Модель технологического процесса

После построения моделей каждого технологического действия типа (1) уже в автоматическом режиме реализуется процедура формирования модели рассматриваемого технологического процесса в целом. На формальном уровне эта процедура заключается в установлении на множестве $\{M_q\}$ отношений

непосредственного следования. Возможность реализации этой процедуры в автоматическом режиме обусловлена двумя обстоятельствами.

Во-первых, для каждого рассмотренного действия определены участвующие в нем акторы и зафиксированы их состояния как на начало действия, так и на его окончание.

Во-вторых, в технологических процессах для находящихся в отношении непосредственного следования действий имеет место следующий факт: некоторые акторы, например, действие d_k , находящиеся в конечном относительно данного действия состоянии (кроме последнего), выступают в роли акторов другого непосредственно следующего за ним действия,

например, d_q , которые находятся в исходном по отношению к последнему состоянию. Иными словами непосредственное предшествование действия d_k действию d_q означает, что среди выходных акторов действия d_k существует актор по всем значениям своих характеристик совпадающим хотя бы с одним из входных акторов действия d_q .

Рисунок 2 иллюстрирует наличие такого факта: находящийся в результирующем состоянии после реализации действия d_k актор y_{k2} необходим для начала действия d_q . На рисунке 2 он обозначен как x_{1q} .

Поскольку $y_{k2} = x_{1q}$, действия d_k и d_q находятся в отношении непосредственного следования, причем d_k непосредственно предшествует d_q .

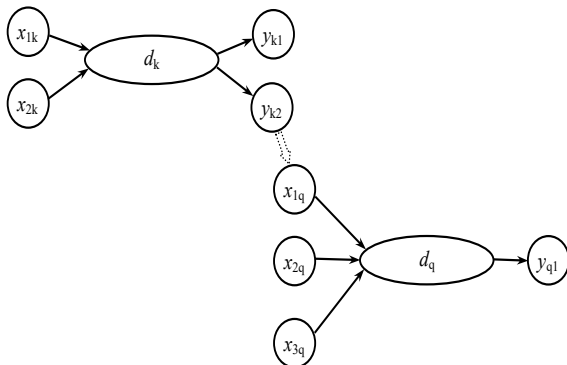


Рисунок 2 - Установление связей непосредственного следования

Основанный на таких рассуждениях поиск такого рода пар на множествах $\{FX_{iq}\}$ и $\{FY_{qj}\}$ позволяет именно в автоматическом режиме выявлять и фиксировать отношения непосредственного предшествования между элементарными технологическими действиями. Эту процедуру можно описать в виде выражения (2):

$$\forall(k, q) \exists(i, j): y_{ki} = x_{jq} \rightarrow g_{kq} = 1, \quad (2)$$

где выполнение условия $g_{kq} = 1$ означает, что пара действий с номерами k и q находится в отношении непосредственного следования.

В ходе выполнения полного множества возможных процедур будет построена матрица отношений непосредственного следования элементарных технологических действий

$GD = \|g_{k,q}\|$. Таким образом, пара $\langle M, GD \rangle$ образует формальную модель рассматриваемого технологического процесса.

Выводы

Описанный метод позволяет отобразить представленное в вербальной форме описание технологического процесса в формальном виде.

Критерием адекватности содержания этих двух форм представления одного и того же процесса является степень адекватности восстановленного из формального представления процесса в виде текста исходному тексту.

Поскольку формальное представление технологии осуществлено в виде графа, составленного из подграфов, каждый из которых отображает отдельный элементарный этап технологического процесса, открывается возможность для разработки средств автоматического анализа и синтеза технологий.

Использование изложенного метода позволит создать средства для решения целого ряда, как минимум, следующих конкретных задач:

- Сформировать компьютерную библиотеку технологий данной предметной области;
- Создавать программные средства для проведения всестороннего автоматизированного анализа технологий, в том числе их полноты и связности;
- Разрабатывать процедуры сравнения технологических процессов на предмет их определенности, полноты, связности и других характеристик;
- Перейти к решению ряда вопросов автоматизированного синтеза новых технологий.
- Разрабатывать автоматизированные тренажеры и иные средства поддержки процессов обучения технологов.

Литература

1. Бедарев, Н. В. Тексты на естественном языке и методы извлечения структурированных данных / Н. В. Бедарев, А. А. Войнов. – Сборник материалов международной научно-технологической конференции студентов и молодых ученых «Молодёжь. Наука. Технологии». – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2018. № 2. С.37-42.
2. Sheridan Tom. Models of Human-System Interaction [Book Review] // IEEE Systems, Man, and Cybernetics Magazine. 2017. vol. 3. iss. 2. PP. 56–63.
3. Барина, И. А. К вопросу о соотношении смысла и содержания текста при переводе / И. А. Барина. // Вестник Вятского государственного университета. 2015. № 10. – С. 69-72.
4. Вертешев, С. М. От «фон Неймановского» компьютера к метамашине / С. М. Вертешев, А. О. Поляков. – Псков: Изд-во ППИ. 2007.- 512 с.

5. **Двойникова, А. А.** Аналитический обзор подходов к распознаванию тональности русскоязычных текстовых данных /А. А. Двойникова, А. А. Карпов. - Текст : непосредственный //Информационно-управляющие системы 2020. № 4. С.20-30.

6. **Мареев, С. Н.** Диалектика содержания и формы и проблемы формализации / С. Н. Мареев - Текст : непосредственный // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия «Философия. Социологи. Право». 2017. № 42(24). С. 15–26.

7. **Болотнова, Н. С.** О типологии регулятивных структур в тексте как форме коммуникации /Н. С. Болотнова. - Текст : непосредственный //Вестник ТГПУ. 2011. Вып. 3 (105). С. 34-40.

8. **Болотнова, Н.С.** Коммуникативная стилистика Болотновой. / Н. С Болотнова, И. И. Бабенко, Е. А. Бакланова. - Томск: Изд-во Томск. гос. пед. ун-та, 2011. 492 с.

9. **Богатырев, М. Ю.** Исследование семантической инвариантности концептуальных

моделей текстовых данных / Ю. С. Богатырев, Н.Л. Коржук. - Текст : непосредственный // Известия ТулГУ. Технические науки. 2019. Вып. 12. С. 499–503.

10. **Воронов, М. В.** Формализация регулятивных текстов / М. В. Воронов. // Информатика и автоматизация (Тр. СПИИРАН). 2021. Т.20. №3. С. 562–586.

11. **Воронов, М. В.** Конструктивно-имитационное моделирование слабоструктурированных систем / М. В. Воронов // Изв. МАН ВШ. 2007. № 4 (42). С.156–165.

12. **Антонов, И. В.** Методы анализа данных в задачах автоматизации построения онтологии предметной области / И. В. Антонов, М. В. Воронов. // Дистанционное и виртуальное обучение. 2011. № 8 (50). С. 19–35.

13. **Пешкова, Н. П.** Семантика и смысл текста / Н. П. Пешкова. - //Вестник Челябинского государственного университета.). Филология. Искусствоведение. 2015. Вып. 96. С. 69–77.

Воронов М.В. Метод формализации описания технологических процессов. Рассматривается проблематика формализации представленных в вербальной форме текстов при высоком уровне сохранения их содержания. Представлен метод трансформации текстовых описаний технологических процессов в формальный вид. Обсуждаются вопросы применения отображающих технологии математических проблем.

Ключевые слова: технология, синтез, регулятивный текст, искусственный интеллект, математическая модель.

Voronov M.V. Method of formalization of description of technological processes. The problems of formalization of texts presented in verbal form are considered. The method of transformation of textual descriptions of technological processes into a formal form with the requirement of a high level of preservation of their content is presented. The issues of application of mathematical problems displaying technologies are discussed.

Keywords: technology, synthesis, regulatory text, artificial intelligence, mathematical model

Статья поступила в редакцию 19.10.2023
Рекомендована к публикации профессором Павлышом В. Н.