

УДК 007.5

А.А. Кривчикова

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

## ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМЫХ И ДОСТАТОЧНЫХ УСЛОВИЙ НЕПРОТИВОРЕЧИВОСТИ ПРАВИЛ В ЗАДАЧАХ PROCESS MINING

*Сформулированы и обоснованы необходимые и достаточные условия непротиворечивости правил с целью дальнейшей разработки метода нахождения указанных правил в задачах Process Mining. Структурирование таких условий создает условия для повышения эффективности управления процессами.*

**Ключевые слова:** непротиворечивость знаний, интеллектуальный анализ процессов, процессная модель.

### Введение

Одной из важнейших задач при разработке систем управления процессом является обеспечение целостности, полноты, непротиворечивости знаний или правил, как ключевого элемента процесса [1]. Надежность и корректность работы процесса не может быть обеспечена, если информация неполна или противоречива. К сожалению, в настоящее время не существует единого подхода как к оценке надежности модели процесса, так и к оценке целостности, полноты и противоречивости знаний и данных. Технология конструирования процессов, базирующихся на знаниях, которая поддерживает уровень надежности системы, предложена в [2]. В последние годы произошли значительные изменения в области моделирования и управления процессами, связанные с применением знание-ориентированных подходов. Основной акцент в данной области смещается с непосредственно программирования в сторону построения максимально точной и детальной процессной модели, которая детализует знания о процессах и реализуется в рамках системы управления процессами [3 – 5].

Следует отметить, что верификация знаний является особенно важной для гибких бизнес-процессов с изменяемой структурой, т. к. для таких процессов характерны динамические изменения во время выполнения.

**Постановка задачи.** Перед формулированием задачи рассмотрим многокомпонентное представление  $M$  процесса, которое и включает в себя знания в форме правил [1] Такое представление, в частности, охватывает правила, процедуры процесса, а также объекты, с которыми оперирует процесс.

Первым по иерархии является компонент бизнес-правила  $Wrg(Wr)$ . Данный компонент отражает знания о функционировании процесса, а также функциональные требования к бизнес-процессу.

Исходными данными задачи является построенная в модель представления правил.

Необходимо сформулировать и обосновать необходимые и достаточные условия непротиворечивости правил с целью дальнейшей разработки метода нахождения правил для верификации правил в целом.

### 1. Фреймовая модель представления правил

*Предлагаемая модель* основана на теории, предложенной М. Минским в 1974, представляет собой систематизированную в виде единой теории психологическую модель памяти человека и его сознания. Важным моментом во фреймовой теории является понятие фрейма – однажды определенной структуры данных для представления некоторого концептуального объекта. Информация, относящаяся к конкретному фрейму, содержится в слоте. Все фреймы объединяются в иерархическую структуру, интегрирующую в себе декларативные и процедурные знания. Данная структура отображает целостный образ знаний, которому свойственна иерархичность концептуального представления.

Каждый фрейм описывает один концептуальный объект, а конкретные свойства этого объекта – в слотах. В качестве слота может использоваться специфичная процедура вывода – присоединенная процедура. Фреймовую систему без механизма присоединенных процедур часто рассматривают как базу данных системы продукции.

Отличительной чертой фреймовой модели является возможность комбинации декларативных и процедурных знаний в одной единице представления знаний – фрейме, возможность иерархического построения базы знаний согласно степени абстракции понятия, а также возможность реализации любой системы вывода на основе обмена сообщениями – объектно-ориентированного метода управления выводом.

При проектировании модели представления знаний необходим учет факторов однородности представления и простоты понимания. Однород-

ность представления приводит к упрощению механизма управления логическим выводом упрощению управления знаниями. Простота понимания означает то, что представление знаний должно быть понятным и экспертам, и пользователям системы. Для решения практических задач в ряде случаев используется симбиоз различных моделей представления знаний. На основе фреймового представления в базе знаний, правила и объекты имеют следующий вид:

Таблица 1  
Фреймовая модель представления  
бизнес-правил объектов

Имя бизнес-правила	$Vpr_i$	Имя объекта	$V_i, i = \overline{1, I}$
Нечеткий набор входных данных	$A = \{a_i\}$	Атрибуты объекта	$Br = \{br_k\}$
Хранимые процедуры	$Vr_j(x), j = \overline{1, J}$	Операции	$O_j(y), j = \overline{1, J}$
Типы действий	$TD_1$	Переменные	$z_1$
Выходные данные	$C = \{c_i\}$		

Связи между слотами фреймов представим в виде конечных предикатов:

$$L(br_1, br_2, \dots, br_k, bpr_1) = 1;$$

$$L(br_1, \dots, br_k, bpr_1) \vee L(br_1, \dots, br_k, bpr_2) \vee \dots \vee L(br_1, \dots, br_k, bpr_j) = 1$$

$$L(Br, Vpr_{j+1}) = \bigwedge_{j=1}^k L(Br, Vpr_j); L(Br, Vpr_{j+1});$$

$$L(Br, Vpr_j); Br = \{br_1, br_2, \dots, br_j\}.$$

## 2. Необходимые и достаточные условия непротиворечивости правил

Представляется целесообразным рассмотреть методику проектирования, разработки и сопровождения интеллектуальных систем, которая бы позволяла объективно, количественно оценивать качество системы и ее компонентов по заданным критериям и поддерживать заданный уровень. Понятия целостности, полноты и непротиворечивости могут толковаться по-разному применительно к разным объектам, поскольку они существенно зависят от природы объекта.

Непротиворечивость означает, что одинаковые атрибуты одних и тех же объектов совпадают. Следовательно, например, дублирование данных в базе повышает риск противоречивости. Полнота базы данных предполагает, что все запросы пользователя в рамках задачи должны быть удовлетворены. Понятно, что такое определение непригодно для объективного анализа системы и нуждается в уточне-

нии. Будем полагать, что множество выходных данных формально описано с помощью конечных предикатов.

Целостность базы данных предполагает согласованное представление информации для связанных объектов. Все связи в базе данных должны быть явно описаны в спецификациях системы. Мы рассматриваем знания как совокупность правил вывода, что вполне правомерно для большинства экспертных систем.

Рассмотрим основные критерии для знаний или правил:

- непротиворечивость определяется как в классической логике и предполагает невозможность вывода в одной системе двух взаимоисключающих утверждений;

- полнота означает удовлетворение всех запросов в пределах области использования базы знаний. Чтобы формализовать этот критерий, следует представить требования к области использования также в терминах формальной логики, язык конечных предикатов вполне приемлем для этих целей;

- целостность модели знаний – это согласованность всех ее элементов как по данным, так и по правилам вывода.

Традиционные методы обеспечения надежности систем реализуются на трех этапах ее жизни: проектирования, разработки и сопровождения. Рассмотрим эти методы для систем управления базами данных и систем поддержки решения, основанные на знаниях.

При проектировании базы данных необходимо тщательно продумать инфологическую модель данных и обязательно описать ее спецификации на формальном языке. Полученная модель исследуется на противоречивость и полноту, что было проделано в этом разделе.

Все изменения, вносимые в модель знаний, следует локализовать, при этом допуск к этим видам работ должен быть строго санкционирован. Следует также предусмотреть контроль на допустимость изменений, с тем, чтобы не произошло нарушения целостности, полноты и непротиворечивости данных. Здесь возможна только экспертная оценка контроля и защиты данных, хотя в развитых системах разработки баз данных, таких как Delphi, Paradox, FoxPro мы имеем предпосылки и для более объективной оценки.

При разработке системы важно отслеживать тщательное соблюдение спецификаций. Здесь применимы известные методы верификации программного обеспечения. При эксплуатации системы хорошей базой для оценки ее надежности может служить статистика запросов.

Вышеизложенные условия справедливы и для модели знаний. Следует только отметить, что здесь практически полностью отсутствует программирование, так как использование мощных оболочек

построения экспертных систем переносится на создание базы знаний.

Таким образом, мы можем свести верификацию баз знаний и данных к анализу системы в общем случае трехзначных предикатов. По имеющимся спецификациям исследуемой системы строится формализм в виде совокупности формул трехзначной логики, которые исследуются на полноту и непротиворечивость. Этот этап выполняется автоматически, так как после приведения формулы к дизъюнктивной нормальной форме мы используем обычный аппарат математической логики. Здесь мы можем выявить также избыточность данных: это будут те значения, которые используются для вычисления несущественных булевых переменных в формулах модели. Эта работа выполняется независимо от природы системы.

Для системы, основанной на базах знаний, мы можем использовать тот же подход для анализа совокупности правил вывода. При этом так же выявляется избыточность правил, если таковая существует.

Для получения объективной оценки надежности систем, основанных на знаниях, мы можем получать количественные оценки для комплексных показателей полноты, непротиворечивости и целостности, как для отдельных компонент системы, так и для интегрированной оценки всей системы в целом.

Подводя итог вышесказанному, выделим необходимые и достаточные условия непротиворечивости правил. Необходимыми условиями являются следующие:

- совпадение одних и тех же атрибутов объекта;
  - исключение дублирования данных;
  - наличие входных данных;
  - согласованность всех элементов знание-ориентированной модели;
  - невозможность вывода двух взаимоисключающих требований.
- К основным достаточным условиям относятся:
- условие достижимости конечного состояния процесса;
  - условие согласованности входных и выходных данных процесса;
  - правильное соблюдение выполнения последовательности процедур процесса.

Наиболее характерные несоответствия для процессов связаны с ошибками обработки данных. Примерами ошибок данных являются: создание объектов данных, которые не используются при реализации процесса; отсутствие необходимых объектов данных; дублирование объектов данных. Указанные ошибки могут появиться при доступе к данным во время запуска и выполнения процедур.

## Выводы

В статье сформулированы и обоснованы необходимые и достаточные условия непротиворечивости правил, которые создают основу для дальнейшей разработки методов верификации правил в задачах интеллектуального анализа процессов, также построена фреймовая модель представления правил.

Дальнейшее развитие данного направления связано с верификацией непротиворечивости отдельных фрагментов процесса и, в дальнейшем, всего процесса в целом.

## Список литературы

1. Левыкин В.М. Логическая модель представления бизнес-процесса для решения задач интеллектуального анализа процессов / В.М. Левыкин, С.Ф. Чалый, А.А. Кривчикова, С.Н. Селезнев // Бионика Интеллекта. – 2010. – №1. – С. 24-29.
2. Чалый С.Ф. Оценивание непротиворечивости правил бизнес-процесса на основе проверки наборов входных и выходных данных / С.Ф. Чалый, А.А. Кривчикова // Бионика Интеллекта. – 2011. – №1. – С. 79-83.
3. Ретин В.В. Процессный подход к управлению Моделирование бизнес-процессов: учебн. [Текст] / В.В. Ретин, В.Г. Елиферов. – М.: РИИ «Стандарты и качество», 2004. – 408 с. ISBN 5-94938-018-5.
4. Wil M.P., Van der Aalst. Process Mining Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes / Wil M.P., Van der Aalst. – Springer, New York, 2011. – 352 p.
5. Boudewijn van Dongen. Process Mining and Verification / Boudewijn van Dongen. – Stellingen, Eindhoven, 3 juli 2007. – 263 p.

Поступила в редколлегию 6.03.2013

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. С.Ю. Шабанов-Кушнаренко, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

## ОБҐРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНИХ ТА ДОСТАТНІХ УМОВ НЕСУПЕРЕЧНОСТІ ПРАВИЛ В ЗАДАЧАХ PROCESS MINING

Г.О. Кривчикова

*Розглядається формулювання та обґрунтування необхідних і достатніх умов несуперечності правил з метою подальшої розробки методу знаходження зазначених правил в задачах Process Mining.*

**Ключові слова:** несуперечність знань, інтелектуальний аналіз процесів, процесна модель.

## NECESSARY AND SUFFICIENT CONDITIONS JUSTIFICATION OF THE RULES CONSISTENCY IN PROCESS MINING PROBLEMS

A.A. Krivchikova

*Justification of the necessary and sufficient conditions of the rules consistency for further development of finding these rules method in Process Mining problems is formulated and proved in the paper.*

**Keywords:** uncontradiction of knowledges, intellectual analysis of processes, process model