

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ УСТРОЙСТВ В КАЧЕСТВЕ ДЕМОНСТРАЦИОННОГО УЧЕБНОГО ПОСОБИЯ ПО ДОСТОВЕРНОМУ И ПРАВДОПОДОБНОМУ ВЫВОДУ

АННОТАЦИЯ

В статье анализируется возможность использования системы визуализации логического вывода на примере решения задачи диагностики на основе модели устройства с использованием системы поддержки истинности.

В ходе работы исследуется текущая ситуация с изложением основ математической логики в инженерном образовании, кратко очерчиваются рамки технической диагностики как важной прикладной задачи и средств ее решения с применением систем поддержки логического вывода. В тексте статьи представлена базовая информация о работе логического вывода и системы поддержки истинности, основанной на предположениях. А также в статье описаны преимущества использования модуля диагностики сложных устройств в качестве визуальной иллюстрации применения излагаемого материала.

Работа выполнена при поддержке РФФИ грант № 11-07-00038а

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важнейших составляющих современного инженерного образования является математическая логика. Сложно представить подготовку современного инженера без знания таких ключевых понятий как булевы функции или предикаты, неспособного построить логический вывод в своих работах по принципам, положенным в основу дедукции, не обладающего достаточной базой, чтобы доказать состоятельность, непротиворечивость или полноту своих выводов.

Однако, несмотря на значимость и важность математической логики, а также глубокую теоретическую проработку элементов, ее составляющих [1], ахиллесовой пятой этой дисциплины является наглядность практического применения ее постулатов.

И, если прикладное применение, скажем, булевых функций, достаточно обширно раскрывается в теориях схемотехники, радиоэлектроники, криптографии, кодирования и многих других, то использование логического вывода зачастую сводится к применению принципов резолюции или аналитических таблиц на классических задачах.

При этом в качестве примеров студент видит перед собой не визуализированные отображения

применения того или иного логического правила, а столбцы непонятных символов, переходящие в точно такие же столбцы, оканчивающиеся пустым дизъюнктом (утверждением), который и считается удовлетворительным результатом.

В итоге у большинства студентов легкое непонимание сути процесса зачастую перерастает в полное отторжение всего, что хоть как-то связано с проходимым предметом, как чем-то ненужным и далеким от жизни. В конечном итоге это сказывается не только на качестве их конечных знаний, но и на качестве выпускных работ.

В качестве иллюстрации применения наработок в области логического вывода отлично подходит задача диагностики, позволяющая сочетать не только классические схемы применения достоверного логического вывода, но и новейшие разработки в области его поддержки и расширения возможностей. К тому же задача диагностики имеет важнейшее прикладное значение и представлена на всех уровнях жизни, включая бытовой, что гарантирует вовлеченность студентов в процесс.

1. ЗАДАЧА ДИАГНОСТИКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА ПРИ ЕЕ РЕШЕНИИ

Технической диагностикой является отрасль научно-технических знаний, сущность которой составляет теория, методы и средства обнаружения и поиска дефектов объектов технической природы. Под дефектом понимается любое несоответствие свойств объекта заданным, требуемым или ожидаемым свойствам. В свою очередь, обнаружение дефекта – установление факта его наличия или отсутствия в объекте. Диагностирование, целью которого является определение места и при необходимости причины и вида дефекта называется поиском дефекта. [1].

В ходе развития автоматических систем диагностирования был разработан метод, основанный на модели устройства. Кратко его суть заключается в моделировании работы диагностируемого устройства с помощью продукционных правил, поиска различий в поведении между моделью устройства и его оригиналом и построении необходимых выводов на основе этих различий [3].

И, хотя использование модели устройств позволило решить многие проблемы предшественников, связанных в первую очередь со сложностью извлечения и неоднозначностью формализации знаний эксперта, однако остались проблемы, связанные с особенностями классического логического вывода [4]:

- несовершенство классических систем логического вывода (требование полноты, состоятельности, непротиворечивости исходных данных, высокая размерность вычислений);
- неочевидность теоретических расчетов системы и, как следствие, недоверие пользователя к результатам ее работы;

Одним из путей решения этих проблем является использование так называемых *систем поддержки логического вывода*. Одной из таких систем является ATMS (the Assumption-based Truth Maintenance System - система поддержки истинности, основанная на предположениях), позволяющая в ходе работы делать предположения об исправности или неисправности компонент диагностируемого устройства и за счет поддержки непротиворечивости системы выявлять противоречивые множества сделанных предположений, и, как следствие, неисправности компонент системы [3].

Такой подход имеет ряд преимуществ по сравнению с использованием классического вывода[5]:

- простота и понятность вывода;
- простота архитектуры – возможность разбить систему рассуждения на системы логического вывода и поддержки истинности;
- гарантия непротиворечивости вывода;
- сужение комбинаторного пространства логического вывода.

Как ни удивительно, но решение именно этих проблем способствует лучшему усвоению материала студентами. Действительно, более простой, построенный на интуитивно понятных аналогиях вывод, дифференциация решающей системы на две более простые подсистемы, каждая из которых решает свою задачу, знакомство с принципами поддержки непротиворечивости и уменьшение расчетов (которые в реальных задачах весьма громоздки), – все это упрощает восприятие системы, а прикладная значимость (в том числе и бытовая) - увеличивает вовлеченность в ее работу.

Таким образом, использование при изложении материала, связанного с логическим выводом, элементов поддержки истинности не только не противоречит основным идеям инженерного образования, перегружая и без того непостоянной

материалом, но и может позволить улучшить его восприятие, повысить качество его усвоения и, что самое главное, показать его прикладное значение.

2. СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ИСТИННОСТИ, ОСНОВАННАЯ НА ПРЕДПОЛОЖЕНИЯХ, И ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА

Охарактеризуем работу ATMS :

- задано множество правил хорновского вида,
- заданы значения (определена заведомая истинность) некоторых утверждений, являющихся посылками правил.

Определение 2.1: правилом хорновского вида (хорновским правилом) является правило вида: $a_1 \cap a_2 \cap \dots \cap a_n \rightarrow b$, где $a_1 \dots a_n$ называются посылками, а b – результатом (заключением).

Определение 2.2: фактом называется утверждение, чья истинность точно определена.

Определение 2.3: предположением называется утверждение с неопределенной истинностью, однако временно принятое истинным.

Сделаем предположения об истинности нескольких утверждений, истинность которых еще не определена.

Основным материалом для обработки системой поддержки истинности являются метки утверждения.

Определение 2.4: меткой утверждения является множество предположений, на основе которых это утверждение выведено (множество поддержки утверждения).

Для меток утверждений верно следующее:

- метка заведомо истинных утверждений всегда пуста (записывается как $\{\}$);
- утверждение, являющееся предположением, поддерживается самим собой ($\{\langle \text{имя предположения} \rangle\}$);
- метка утверждения может состоять из нескольких множеств;
- в случае, если утверждение не поддерживается ни одним из предположений, его метка неопределенна ($\{\emptyset\}$);
- противоречивые множества записываются как поддержка утверждения-противоречия \perp (утверждения Nogoood).

Заметим, что утверждение Nogoood, выделяется для удобства обработки противоречивых множеств предположений. Все операции, производимые над

обычными утверждениями аналогично производятся и над утверждением Nogoood.

Определим теперь условия применимости правил:

- посылка условно истинна, если ее множество поддержки определено;
- правило применимо, если все его посылки условно истинны;
- поддержкой результата применимого правила является объединение множеств поддержки его посылок;
- если в ходе логического вывода получены результаты, противоречащие заведомо истинным фактам, то поддержка этих результатов является противоречивой.

Опишем правила минимизации меток:

Rule 1: любое множество, содержащее противоречивое множество – противоречиво.

Rule 2: противоречивое множество не может быть поддержкой утверждения. Если поддержка метки содержит противоречивое множество, это множество может быть удалено.

Rule 3: Поддержка утверждения не должна быть избыточной. Если метка противоречивого утверждения содержит два множества A и B , причем $A \in B$, тогда множество B может быть удалено из метки.

Рассмотрим пример, иллюстрирующий ход минимизации меток.

Пусть в ходе рассуждения стало известно, что некоторый факт S поддерживается множествами $B = \{A1, A2, A3\}$ и $C = \{A2, A3, A4\}$, причем известно, что множество $D = \{A3, A4, A5\}$ – противоречиво.

От системы поддержки истинности приходит сообщение о противоречивости множества $E = \{A3, A4\}$, а также о том, что утверждение S поддерживается множеством $F = \{A1, A2\}$. Таким образом, после добавления полученных сведений, состояние системы принимает следующий вид:

$$S \{\{A1, A2, A3\}, \{A1, A2\}, \{A2, A3, A4\}\},$$

$$\perp \{\{A3, A4, A5\}, \{A3, A4\}\}.$$

Видно, что множество $E = \{A3, A4\}$ содержится во множествах $C = \{A2, A3, A4\}$, $D = \{A3, A4, A5\}$. Значит, множества C и D могут быть удалены из поддержки соответствующих меток (**Rule3**). Более того, множество $F = \{A1, A2\}$ полностью входит во множество $B = \{A1, A2, A3\}$, а значит, множество B также может быть удалено из метки, поддерживающей утверждение S (**Rule2**). В итоге, после применения правил минимизации, состояние системы будет выглядеть следующим образом:

$$S \{\{A1, A2\}\},$$

$$\perp \{\{A3, A4\}\}$$

Подобное изменение состояний системы характерно для работы ATMS и свидетельствует о том, что с каждым добавлением уточняющей информации, с одной стороны, уточняется множество поддержки утверждений, с другой – сужается противоречивое подмножество предположений.

Подробнее с системой ATMS, а также ее алгоритмом, можно ознакомиться в [6].

3. АРХИТЕКТУРА РЕАЛИЗУЕМОЙ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ И РЕШАЕМЫЕ ЗАДАЧИ

Первым блоком реализуемой системы является блок создания и редактирования модели.

Используя этот блок, пользователь имеет возможность:

- создавать произвольные элементы модели – при этом используются не только типичные атрибуты - внешний вид и название элементов, но и логика их работы, задаваемая при помощи матриц соответствия;
- выводить элементы на рабочий холст, задавая произвольный внешний вид создаваемой модели;
- задавать связи между элементами, используя понятие передающих элементов;
- сохранять и загружать элементы из памяти или жесткого диска.

При использовании первого блока студент реально работает с основными принципами моделирования сложных систем, учится представлять и располагать элементы модели на рабочем экране, знакомится с такими понятиями, как матрицы соответствия и взаимодействия, вживую видит, как идет процесс «перечисления» значений, переводящий, написанные на естественном языке значения на шкалу целых чисел. Кроме того, заканчивая работу над моделью, студент может увидеть не только визуальное отображение модели на экране, которая по сути ничем не отличается от обычных схем, но и то, как она (модель) будет представлена в памяти.

Вторым блоком является блок перевода модели в систему логических правил. Работа этого блока хотя и закрыта от пользователя, однако с ее результатами студенты смогут ознакомиться при помощи системы отчета, где студенты могут увидеть каким образом, созданная ими визуальная модель превращается в систему символьных правил, которые и будут использоваться в процессе логического вывода. При этом студентам также наглядно демонстрируется, какие группы правил

могут входить в противоречие друг с другом при той или иной ветви вывода.

Третьим блоком является блок логического вывода. В этом блоке демонстрируется сам процесс вывода: какие правила используются, как формируются значения-результаты применения этих правил, какое влияние это оказывает на систему. Кроме того, на этом этапе применяется инновационная система двустороннего вывода, когда вывод идет одновременно и в дедуктивном и абдуктивном направлениях, что, вообще говоря, приводит к случаям, когда даже незначительное добавление данных может привести к глобальному пересмотру значений системы.

Четвертый блок отвечает за обработку принципов ATMS. Используя этот блок, студенты могут в полной мере ощутить, какие процессы происходят при обработке сделанных предположений и корреляции их с полученными данными.

И, наконец, пятый блок отвечает за выбор места для снятия показаний. Действительно, краеугольным камнем системы диагностики является выбор места для снятия следующего показания. Используя этот блок, студенты смогут наглядно видеть, как меняется информация о системе от сделанного ими выбора и даже соревноваться с системой в том, кто быстрее найдет неисправность, анализируя затем свои удачные или ошибочные ходы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Визуальное представление материала, использование его прикладного значения всегда будет давать положительный результат при его использовании особенно в сфере инженерного образования.

В случае же с логическим выводом, чье прикладное значение в развитии науки и техники начиная со второй половины прошлого века трудно переоценить, отсутствие наглядных примеров его прикладного использования кажется вдвойне несправедливым, что приводит к недооценке, непониманию и отторжению студентами того материала, который им преподается.

На примере рассмотренной системы диагностики можно значительно упростить восприятие логического вывода студентами за счет формирования наглядных примеров его применения вместо использования сложных для восприятия деревьев принципа резолюции.

Подобный подход способствует формированию визуальных аналогий и более успешному усвоению материала студентом.

Отметим, что многогранность и структурная сложность задачи диагностики позволяет использовать в работе решающей системы практически весь базовый материал как

математической логики, включающий в себя абдуктивный и дедуктивный логический выводы, противоречивость логических правил, использование двузначных и многозначных логик и многое другое, так и основные понятия смежных дисциплин, таких как, например, теория моделирования сложных систем с использованием матриц соответствия.

Помимо этого студент может познакомиться с новейшими веяниями в усилении логического вывода: в данной работе приведен пример использования системы поддержки истинности, однако ограничиваться только на этом не следует.

Следует подчеркнуть, что материал преподносится студенту в игровой, соревновательной форме. В попытках обхитрить, обыграть компьютер, победить его по количеству ходов (ведь достаточно неприятно, когда компьютер находит неисправность раньше тебя) в задаче, которая знакома всем и вполне может считаться бытовой, – в этих попытках студент будет вынужден разбираться в принципах его работы, запоминать удачные ходы, формировать соответствующие логические цепочки, применять полученные знания, что, несомненно, можно считать успехом на пути его обучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вагин В.Н., Головина Е.Ю., Загорянская А.А., Фомина М.В. Достоверный и правдоподобный вывод в интеллектуальных системах Монография. Под ред. В.Н.Вагина и Д.А.Поспелова. М.: Изд. 2-ое исправл. и дополн. Физматлит, 2008, 714с.
2. Вагин В.Н., Оськин П.В., Эвристические и вероятностные методы снятия эффективных показаний в системах диагностики, //Известия РАН. Теория и системы управления, 2006, №4, с 78-93.
3. Kenneth D. Forbus, Johan de Kleer: Building Problem Solvers. MIT Press 1993: 702 p.
4. Зарецкий Д.С., Вагин В.Н. Использование системы поддержки истинности, основанной на предположениях, в системе диагностики логических схем. //РАДИОЭЛЕКТРОНИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭНЕРГЕТИКА: Шестнадцатая Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов: Тез. докл. В 3 т. Т. 1. М.: Издательский дом МЭИ, 2010. – 360-361с.
5. Вагин В.Н., Зарецкий Д.С. Система поддержки истинности на основе предположений в задачах диагностики с использованием модели устройств. // Труды конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям «AIS-IT'10», М. Физматлит, 2010. - 351-362с.
6. Вагин В.Н., Зарецкий Д.С. Решение задач диагностики с использованием систем поддержки истинности. //Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск «Интеллектуальные САПР». Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2010. - №12 (113). – 63-71.