

УДК 681.321

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СЛОВАРИ НЕИСПРАВНОСТЕЙ И МЕТОДЫ ИХ ОПТИМИЗАЦИИ В ЗАДАЧАХ ДИАГНОСТИКИ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ

*Давыдов А.А.**Харьковский национальный университет радиоэлектроники*

Рассматривается организация знаний экспертов – диагностов в виде интеллектуального словаря неисправностей для использования их при диагностике компьютерной системы недостаточно квалифицированным персоналом. Рассмотрена оптимизация словарей диагностических признаков применением теории переключательной функции.

Введение

Современные компьютерные системы (КС) становятся все более сложными и решающими большое количество задач, что приводит к внедрению таких систем практически во все сферы человеческой деятельности. При этом обслуживание КС часто производится недостаточно квалифицированным персоналом. В таких случаях применение различных тестовых программ является недостаточно эффективным для поиска дефектов в КС. В результате ежегодные затраты на поддержку и ремонт КС намного превышают общую первоначальную стоимость оборудования КС и программного обеспечения.

Для повышения основных показателей ремонтпригодности КС [1], таких как вероятность восстановления, среднее время ремонта и среднее время восстановления, эффективно применение интеллектуальных методов, использующих знания экспертов – диагностов. Эффективность таких систем, трудоемкость их проектирования, эксплуатации и развития, их устойчивость к изменению предметной области зависят от средств, использованных для представления знаний и методов обработки этих знаний.

Представление знаний экспертов в виде интеллектуального словаря неисправностей (ИСН) может значительно уменьшить время простоя КС. Информация в таких словарях представлена в терминах естественного языка и может быть использована для нахождения неисправностей, персоналом с различным уровнем квалификации.

Для структурирования информации и определения последовательности действий, такие ИСН удобно представлять в виде бинарных деревьев решений (БДР). Для реальных КС БДР могут иметь достаточно большую размерность. В связи с этим задача оптимизации БДР представляет практический интерес, так как позволяет уменьшить размерность деревьев.

Интеллектуальные словари неисправностей КС

В существующих на сегодняшний день словарях неисправностей [2], информация представляет собой таблицу, формируемую векторами неисправностей. Для проведения диагностирования пользователь системы должен произвести необходимые диагностические процедуры и найти соответствие их результатов с таблицей неисправностей. Однако эти методы не оказывают даже незначительной помощи при диагностике обнаруживаемых неисправностей или неисправностей, вызывающих настолько непредвиденное поведение диагностируемого объекта, что выполнение диагностической процедуры оказывается бессмысленным. Требуется значительно более основательный подход к решению этих проблем.

Таким подходом является использование интеллектуальных систем диагностирования, в частности применение диалоговых экспертных систем (ДЭС). Такая ДЭС оказывает помощь разработчикам и обслуживающему персоналу КС при обнаружении неисправностей в аппаратуре и

программном обеспечении компьютерных средств.

В ДЭС знания о неисправностях в аппаратной и программной частях представлены в виде пар “симптом – действие”, где действие направлено на устранение неисправности. Это позволяет предоставлять системе описание наблюдаемых ситуаций в терминах естественного языка. ДЭС сопоставляет эти описания с базой знаний неисправностей и выявляет данную неисправность, предоставляя пользователю информацию о действиях для ее устранения.

При работе с большой базой знаний неисправностей возникает проблема поиска знаний, релевантных решаемой задаче. В связи с тем, что в обрабатываемых данных может не содержаться явных указаний на значения, требуемые для их обработки, необходим более общий механизм доступа, чем метод прямого доступа (метод явных ссылок). Задача этого механизма состоит в том, чтобы по некоторому описанию сущности, имеющемуся в рабочей памяти, найти в базе знаний объекты, удовлетворяющие этому описанию. Очевидно, что упорядочение и структурирование знаний могут значительно ускорить процесс поиска.

Одним из способов решения этой задачи является разбиение ИСН на разделы и составление диагностических таблиц (матриц) – таблиц неисправностей с решающими правилами и диагнозами.

Любая КС разбивается на функциональные и логические блоки, которые представляют соответствующие разделы словаря неисправностей. В каждом разделе описываются неисправности соответствующего блока КС [3]. Примерами таких блоков могут послужить – “Неисправности, связанные со звуком на ПК”, “Поломка блока питания”, “Проблемы, связанные с видеоадаптером” и т.д.

Для каждого раздела словаря неисправностей составляется диагностическая матрица (ДМ), таблица неисправностей с решающими правилами.

В ДМ объект контроля представляется таблицей функций неисправностей, столбцы которой соответствуют диагностическим симптомам, а строки – причинам неисправностей. На пересечении строк и столбцов символами “0” или “1” обозначается наличие или отсутствие тех или иных признаков для данного диагноза.

Применение ДМ нашло наибольшее распространение в технической диагностике и позволяет решать задачи оптимальной организации процессов диагностирования. Пример таблицы неисправностей, связанных с неисправностями звука на персональном компьютере (ПК) представлен в таблице 1.

По данной ДМ конструируется БДР, затем на основе анализа дерева решается задача классификации, т.е. принимается решение о работоспособности отдельных компонентов КС. В связи с тем, что размерность такого БДР потенциально может быть достаточно большой, актуальной задачей являются методы оптимизации БДР.

Таблица 1. Неисправности звука на ПК

Неисправности	Диагностические симптомы			
	Нет сигнала с линейного выхода встроенной звуковой платы	Нет сигнала с линейного входа встроенной звуковой платы	Шум и помехи в динамиках акустической системы	Малая громкость
Не установлен драйвер звуковой платы	1	1	0	0
Неправильное подключение акустической системы	1	0	0	0
Неправильные настройки интерфейса звуковой платы	1	1	0	1
В меню BIOS отключена опция использования данного устройства	1	0	0	0
Дефект акустической системы	0	0	1	1

Оптимизация БДР с использованием теории переключательной функции

Представим БДР в виде переключательной функции (ПФ) $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ n аргументов, где n – количество диагностических признаков, а $f(x)$ – функция, которая описывает состояния КС. Как правило, диагностическая матрица, по которой строится БДР, задана не на всех 2^n двоичных наборах и ПФ в этом случае является неполностью определенной. Данное обстоятельство позволяет выполнить минимизацию ПФ (оптимизацию БДР).

Для сложных ПФ большой размерности одним из перспективных методов получения минимальной ПФ является скобочная форма (СФ) ПФ, которая по своей сути совпадает с БДР. Получение скобочной формы для полностью определенных ПФ основано, как правило, на принципе функциональной декомпозиции [4].

Ограничимся рассмотрением только регулярных БДР. Входными для узлов нижнего ряда являются значения функции $f(x)$ на соответствующих наборах переменных. Для не полностью определенной ПФ это могут быть 0,1 или x , при доопределении x равен 0 или 1. Рассмотрим алгоритм получения минимальной формы ПФ на примере диагностической матрицы, содержащей 4 диагностических признака. В процессе обучения матрица определена на 7 двоичных наборах, остальные 9 наборов неопределенны.

Рассмотрим представление БДР в виде ПФ четырех аргументов. Пусть ПФ задана таблицей истинности (таблица 3) соответствующей обучающей выборке представленной в табл. 2.

Таблица 2. Обучающая выборка

№	X_1	X_2	X_3	X_4	f
0	0	0	0	0	0
4	0	1	0	0	1
5	0	1	0	1	1
11	1	0	1	1	0
12	1	1	0	0	1
14	1	1	1	0	1
15	1	1	1	1	0

Таблица 3. Таблица истинности

Переменные, функция	№ наборов															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
x_1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
x_2	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
x_3	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
x_4	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
$f(x_1, x_2, x_3, x_4)$	0	x	x	x	1	1	x	x	x	x	x	0	1	x	1	0

Входами нижнего яруса БДР, являются значения ПФ в порядке возрастания наборов. Входным значением для набора $\bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3\bar{x}_4$ является $f^{\bar{x}_4}$ – компонента функции, равная нулю. Второй путь соответствует первому набору $\bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3x_4$. Крайний правый путь на БДР соответствует пятнадцатому набору ПФ $x_1x_2x_3x_4$. Для него значение функции равно нулю.

Возможные входы ячеек первого ряда – это различные паросочетания из трехэлементного множества входных значений ПФ $\{0, 1, x\}$.

При этом выходные функции узлов нижнего ряда обозначим следующим образом:

$$\frac{\text{Входная функция } 0 \ x_i \ \bar{x}_i \ 1 \ a \ b \ c \ d \ x}{\text{Входное значение } 00 \ 01 \ 10 \ 11 \ 0x \ x0 \ 1x \ x1 \ xx}$$

Отметим, что для совпадающих входных значений 00, 11, xx переменная x фиктивна и выходные функции соответственно равны 0, 1, x.

Запишем по БДР скобочную форму ПФ четырех аргументов, доопределяя все неопределенные наборы нижнего ряда нулями: $f_0 = x_2(\bar{x}_1\bar{x}_3 \vee x_1\bar{x}_4)$.

Очевидно, чем больше в БДР ПФ фиктивных переменных, тем проще конечный вид скобочной формы ПФ.

Введем количественную оценку оптимальности БДР с помощью понятия сходности БДР. Сходными являются узлы, для которых обе входные функции одинаковы. Если для i-го яруса выполняется условие $k_i = 2^{n-i}$, где k_i – число сходных узлов и i-м ярусе, то переменная x_i фиктивна, так как все узлы i-го яруса сходны.

Для определения сходных узлов БДР используем операцию сравнения возможных входных двоичных значений узла: 0, 1 x, y.

Рассмотрим алгоритм нахождения БДР с максимальной сходностью. Для этого рассмотрим таблицу Венна. Взаимно дополнительными по x_i назовем те ячейки, которые отличаются в одном разряде. Две взаимно дополнительные ячейки сходны, если в них записано одинаковое значение булевой переменной.

Для вычисления сходности в каждом ярусе БДР по каждой переменной необходимо осуществлять сравнение всех взаимно дополнительных ячеек таблицы Венна:

$$k_i(x_i) = \sum_{j=1}^{2^{n-i}} z_j \quad (i = 1, \dots, n), \tag{1}$$

где z_j — результат сравнения взаимно дополнительных ячеек по x_j .

Для рассматриваемой ПФ получим БДР представленную на рисунке 1.

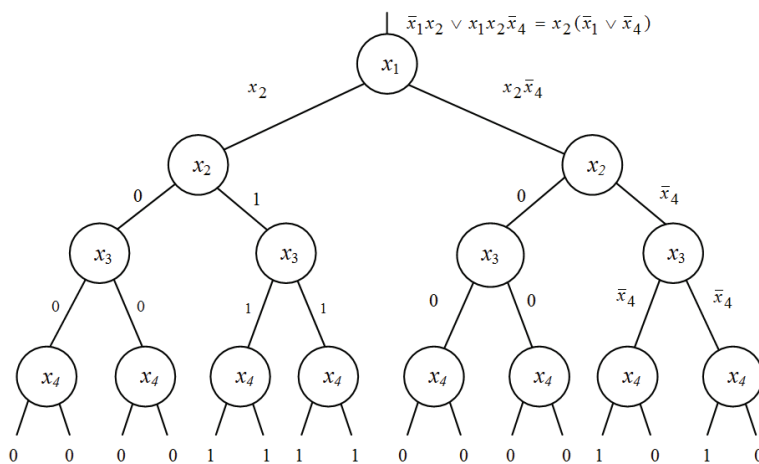


Рисунок 1. Бинарное дерево решений

Доопределим входные значения ПФ при выбранном распределении переменных по ярусам БДР. Доопределение реализуется путем использования правила покоординатного пересечения булевых переменных. После доопределения получаем полный вектор входных значений: 01 01 11 00 01 01 11 00, который используется для получения минимальной формы ПФ – $f = x_2\bar{x}_3 \vee x_3\bar{x}_4$.

Выводы

Одной из проблем в современной диагностике КС является невозможность малоквалифицированному пользователю провести диагностику и выявить возникшую неисправность системы. Что в свою очередь увеличивает время простоя КС.

Рассмотренные ИСН позволяют решить эту проблему. Поскольку информация в таких словарях представлена в терминах естественного языка, что позволяет пользователю не проводить каких-



либо предварительных диагностических процедур и предоставлять экспертной системе описание наблюдаемых ситуаций на естественном языке. Построение ДМ на основе ИСН решает задачу упорядочение и структурирование знаний, что значительно ускоряет процесс поиска релевантных знаний.

Применение теории ПФ для оптимизации ИСН представленных в виде БДР позволяет уменьшить количество диагностической информации, что приводит к уменьшению времени на нахождения неисправности в КС.

Литература

- [1] Davidov A.A., Lipchansky A.I. Classification of the basic parameters for estimation of reliability and diagnosability of computers systems / *Радіоелектроніка і комп'ютерні системи ХАІ*. – Вип. 6 (25). – Харків: ХАІ, – 2007.
- [2] Давыдов А.А. Интеллектуальные словари неисправностей в диагностировании компьютерных систем / *Радіоелектроніка і комп'ютерні системи ХАІ*. – Вип. 5 (39). – Харків: ХАІ, – 2009.
- [3] Кривуля Г.Ф., Давыдов А.А. Интеллектуальные средства диагностики компьютерных систем / *сборник научных трудов 3-го Международного радиоэлектронного форума “Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития”*. – Харьков: ХНУРЭ, 2008.
- [4] Кривуля Г.Ф. Минимизация неполностью определенных переключательных функций с помощью граф-схем Асу и приборы автоматики. – Харьков. – 1981. №57. С. 87-96.