

УДК 681.326

А.А. ДАВЫДОВ

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СЛОВАРИ НЕИСПРАВНОСТЕЙ В ДИАГНОСТИРОВАНИИ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ

В статье рассматривается применение словарей неисправностей для диагностирования компьютерных систем. Приведен обзор словарей точного соответствия, фазового словаря и гнездового словаря. Предлагается использование интеллектуальных словарей неисправностей, в которых применяются термины естественного языка. Построение диагностических матриц на основе интеллектуальных словарей неисправностей решает задачу упорядочения и структурирования знаний, что значительно ускоряет процесс поиска релевантных знаний.

**Ключевые слова:** компьютерная система, неисправность, интеллектуальный словарь, дефект, диагностическая матрица.

### Введение

Обслуживание компьютерных систем (КС) часто производится относительно малоквалифицированным персоналом. При этом использование тестовых программ является недостаточно эффективным инструментом для такого персонала, так как значительный объем и сложность, как результатов теста, так и моделируемых данных делают их слишком сложными для такого персонала. Следовательно, эти результаты и данные целесообразно путем соответствующей обработки сократить до объема ремонтной информации [1].

Задача определения по заданному набору симптомов соответствующих им неисправностей представляет практический интерес, так как пользователь неоднократно сталкивается с ней в своей работе.

В данной статье рассматриваются интеллектуальные словари неисправностей, как составляющие современной диагностики компьютерных систем.

### 1. Постановка задачи

В КС, как и в других технических объектах, в процессе их эксплуатации возникают различные дефекты – неисправности. Под неисправностями КС понимается дефект одного или нескольких элементов, способных нарушить правильное функционирование всей системы [2].

Технические объекты, можно разбить на несколько взаимосвязанных частей, каждая из которых имеет самостоятельное значение. При этом в качестве диагностической можно использовать функ-

циональную модель (ФМ), которая представляет собой графическое изображение объекта, в котором каждая выделенная часть (функциональный элемент) обозначается прямоугольником  $\mathcal{E}_i$  с несколькими входами  $X_j$  и одним выходом  $Y_k$ , указанными стрелками (рис.1). Количество входов соответствует числу воздействий, которые необходимо приложить для того, чтобы получить реакцию на выходе элемента.

Связи с элементами указаны линиями со стрелками, обозначающими направление прохождения сигнала.

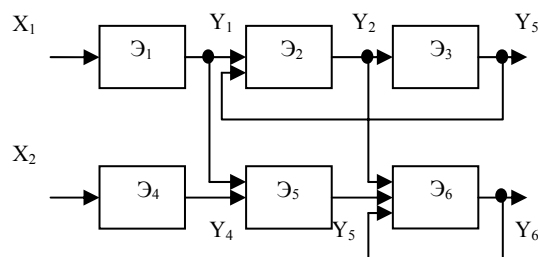


Рис. 1. Схема функциональной модели

Состояние элемента оценивается 1, если при подаче всех допустимых входов на выходе элемента возникает допустимая реакция. Если же при подаче всех допустимых воздействий входов реакция элемента окажется недопустимой, то его состояние оценивается 0. Если хотя бы на один из входов подано недопустимое воздействие, то выходная реакция элемента должна быть также недопустимой.

Используя ФМ, можно задать все множества возможных состояний объекта  $S_1$ . Каждое состояние множества представляется  $n$ -мерным вектором ( $n$  –

число функциональных элементов модели). Например, для модели, схема которой показана на рис.1, вектор состояний  $S_i$  – шестимерный. При анализе объектов с помощью ФМ предполагается, что одновременно может отказать только один элемент. Отказавшему элементу соответствует 0 в векторе состояний. Например, если в объекте отказал первый элемент, то  $S_1$  (011111). Этим ограничивается мощность множества состояний  $(n+1)$ .

Если проверку принять за реакцию одного из функциональных элементов при подаче на модель всех допустимых внешних воздействия, то можно построить так называемую таблицу состояний объекта, в которой число строк будет соответствовать числу рассматриваемых состояний объекта  $S_i$ , а число столбцов – числу проверок  $\pi_j$  элементов модели. При этом каждая строка будет содержать совокупность результатов всех проверок при одном из состояний объекта, а каждый столбец – результаты проверки для всей совокупности рассматриваемых состояний объекта. Таблицу состояний для рис. 1 можно представить в виде табл. 1. Таким образом, функциональная модель и таблица состояний позволяют оптимизировать количество проверок.

Одним из способов хранения диагностической информации являются словари неисправностей. В данной статье будут рассмотрены такие словари: словарь точного соответствия, фазовый словарь и гнездовой словарь.

В случае использования диалоговых экспертных систем целесообразна разработка интеллектуальных словарей неисправностей, информация о неисправностях в которых содержится в терминах естественного языка.

Таблица 1

Таблица состояний технического объекта

$S_i \backslash \pi_j$	$\pi_1$	$\pi_2$	$\pi_3$	$\pi_4$	$\pi_5$	$\pi_6$
$S_0$ (111111)	1	1	1	1	1	1
$S_0$ (011111)	0	0	0	1	0	0
$S_0$ (101111)	1	0	0	1	1	0
$S_0$ (110111)	1	0	0	1	1	0
$S_0$ (111011)	1	1	1	0	0	0
$S_0$ (111101)	1	1	1	1	0	0
$S_0$ (111110)	1	1	1	1	1	0

## 2. Словари точного соответствия

Словарь точного соответствия – это простейший тип словаря неисправностей. Он в основном

представляет собой результат некоторой перегруппировки данных моделирования, позволяющий сформировать таблицу неисправностей. Пользование словарем при работе сводится к следующему. Сначала пользователь выполняет диагностические процедуры и получает результаты теста.

Затем он вручную пытается найти соответствие наблюдаемых результатов теста с входными элементами словаря. Точное соответствие позволяет идентифицировать неисправность. Этот простой способ в случае успеха позволяет относительно малоквалифицированному персоналу диагностировать неисправность в течение нескольких минут [4].

Далее представлены различные методы представления моделируемых данных используемых при построении словаря точного соответствия.

Если количество диагностических тестов невелико, может быть использовано непосредственное представление, отражающее результат прохождения теста – «удача или неудача». Моделируемые данные для  $i$ -й неисправности  $f_i$  представляются двоичным вектором

$$f_i = (f_{i1}, f_{i2}, \dots, f_{im}), \quad (1)$$

где  $f_i = 1$ , если  $f_i$  определяется тестом  $T_k$ ,

$f_{ik} = 0$  в противном случае,

$f_{im}$  – набор тестов для всех неисправностей.

Для того чтобы упростить работу обслуживающего персонала двоичные векторы неисправности располагаются, например, в убывающем порядке. В результате получается словарь, подобный словарю, приведенному в табл. 2. При таком представлении данные моделирования объектов, свободных от неисправностей, и всех случаев необнаруживаемых неисправностей отображаются нулевым вектором.

Другой тип непосредственного представления может быть выполнен путем регистрации в словаре вместо двоичной информации типа «удача или неудача» полных выходных векторов схемы. Подобное представление обеспечивает лучшую разрешающую способность в основном за счет большего объема словаря и усложнения просмотра.

Наконец, мы можем выбрать для таблицы только неудачные тесты каждой неисправности. Этот метод удобен только при наличии малого числа тестов, определяющих неисправность. Тесты нумеруются и входные элементы словаря определяются и различаются номерами неудачных тестов. Этот метод хорошо подходит для ручной диагностики, когда нельзя определить точного соответствия. Последовательность тестов с неудачными исходами дается весьма подробно.

Следовательно, при анализе любых расхождений часто можно исследовать результаты выполнения теста с помощью логических блок-схем и программ.

Таблица 2

Пример словаря точного соответствия

	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>
f <sub>9</sub>	1	1	1	1
f <sub>3</sub>	1	1	1	0
f <sub>2</sub>	1	1	0	0
f <sub>7</sub>	1	0	0	1
f <sub>8</sub>	0	1	1	0
f <sub>10</sub>	0	1	0	0
f <sub>1</sub>	0	0	1	0
f <sub>5</sub>	0	0	0	1

Все типы словарей непосредственного представления имеют два недостатка:

1) словарь имеет большой объем, если имеется значительная последовательность тестов,

2) при наличии большого числа неудачных исходов тестов просмотр таблицы утомителен и занимает много времени. Представление, которое мы рассматриваем далее, является попыткой обойти эти затруднения.

### 3. Фазовый словарь

Сущность идеи фазового словаря заключается в расчленении всей совокупности тестов на фазы. Каждая фаза состоит из тестов, предназначенных для отдельной части диагностируемого объекта, такой, как дешифратор или распределитель.

Анализ результатов тестов показал, что неудачные тесты распределяются в основном в пределах очень малой подгруппы тестовых фаз. Этот результат естествен, так как он предполагает, что неисправность должна определяться в основном тестами, составленными для ее определения.

Следовательно, если бы мы представили тестовые результаты в виде таблицы неисправностей, то получили бы таблицу, имеющую в основном форму, показанную на рис. 2.

Заштрихованные на рисунке области соответствуют возможности определения неисправности тестами. Например, штриховка показывает, что при неисправности f<sub>i</sub> имеют неудачный результат некоторые тесты 2-, 3-, 4- и 6-й фаз, а все тесты других фаз выполняются успешно.

Эта особенность результатов выполнения тестов была использована следующим образом. В дополнении к словарю точного соответствия мы составляем фазовый словарь.

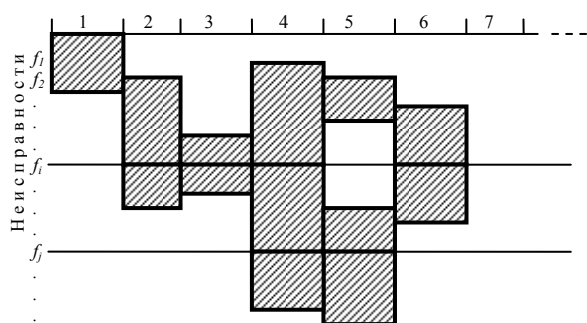


Рис. 2. Результаты тестов, распределенные по тестовым фазам

Составляется также много подсловарей, каждый из которых создается в процессе обработки данных моделирования одной тестовой фазы. Такой подход подразумевает избыточную идентификацию неисправности: неисправность будет соответствовать одному входному элементу словаря точного соответствия и одному входному элементу каждого подсловаря некоторых фаз.

Например, неисправность f<sub>i</sub> рис. 2 будет идентифицироваться входным элементом в словаре точного соответствия и входом в каждом фазовом подсловаре, соответствующем тестовым фазам 2, 3, 4 и 6.

Метод фазового тестирования имеет два значительных недостатка:

1) если неисправность вызывает несоответствие во всех определяющих ее тестовых фазах, то диагностика невозможна;

2) словарь фазового тестирования обычно имеет значительный объем вследствие многократного появления каждой неисправности в подсловарях.

Теперь рассмотрим другой подход к вопросу фазового тестирования.

### 4. Гнездовой словарь

Методика словаря фазового тестирования строится на попытке превращения несоответствия в соответствие путем исключения тестов, дающих несоответствие. Методика гнездового словаря совсем не опирается на точное соответствие; она основывается на использовании «близких» соответствий между результатами теста и данными моделирования.

Для того чтобы определить значение слова «близкий», сначала установим формальную метрику

расстояния между векторами неисправностей. Затем попытаемся применить эту метрику при идентификации вектора результатов теста с помощью ближайшего вектора данных моделирования. Наше предложение лучше всего иллюстрировать примером. Рассмотрим векторы данных моделирования, показанные на табл. 2.

Предположим, что при работе диагностируется неисправность  $f_i$  и получаются результаты

$$f_i' = (0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0), \quad (2)$$

которые не соответствуют  $f_i$ . Однако  $f_i'$  ближе к  $f_i$ , чем к  $f_i$ , с точки зрения расстояния Хэмминга. Следовательно, предлагается использовать метрику Хэмминга, которая в свою очередь предполагает геометрическую интерпретацию векторов неисправности.

Таблица 3  
Векторы данных моделирования

	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>	T <sub>9</sub>	T <sub>10</sub>
$f_i$	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0
$f_i'$	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0

Представим N-разрядные векторы неисправности как точки, расположенные в N-мерном пространстве в пределах двоичной области. Теперь допустим, что вектор результатов теста располагается в точке x данного N-мерного пространства.

Если точка x уже занята вектором данных моделирования, то имеет место точное соответствие. Если нет, то возможно, что точки  $a_1$ ,  $a_2$  и  $a_3$  данных моделирования, ближайšie к точке x по метрике Хэмминга, будут представлять вероятные неисправности.

Эта гипотеза подтверждается удовлетворительными практическими результатами и, следовательно, дает обслуживающему персоналу перечень неисправностей, которые следует устранить.

Кроме того, данный перечень может быть упорядочен в соответствии с расстояниями таким образом, чтобы наиболее вероятные неисправности проверялись первыми.

Теперь, поскольку мы определили метрику и показали, как ею пользоваться при интерпретации результатов теста, надо найти представление для входных элементов словаря, которое облегчает поиск соответствий. Это делается путем мысленного разделения N-мерного пространства на отдельные ячейки-гнезда  $C_i$ . Центром каждой ячейки-гнезда является точка пространства  $c_i$ . Соединим каждую точку  $x_k$  пространства с гнездом  $C_i$ , которое ми-

нимизирует расстояние Хэмминга между точками  $x_k$  и  $c_i$ :  $d_H(x_k, c_i)$ .

Основная характерная особенность гнездовых словарей, это то, что они дают возможность диагностировать неисправность только в пределах одного целого гнезда. Другой недостаток проявляется тогда, когда в результате диагностики указывается незанятое гнездо. В этом случае следует обратиться либо к соседним гнездам с тем, чтобы найти ближайшее занятое гнездо, либо к многочисленным кратным гнездовым словарям с различными сегментами.

## 5. Организация знаний в интеллектуальных словарях неисправностей компьютерных систем

В рассмотренных выше словарях неисправностей информация о неисправностях 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 необнаруживаемых 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.

Однако 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 словаря неисправностей 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]. Пример такого словаря неисправностей представлен в табл. 4.

Таблица 4  
Разделы словаря неисправностей

№	Разделы словаря неисправностей
1	Неисправности, связанные со звуком на ПК
2	Неисправности, связанные с параллельными портами USB, COM, LPT (IEEE 1284), PS/2, FireWire (IEEE 1394)
3	Неисправности, связанные с сетевым адаптером Ethernet
4	Поломка блока питания
5	Проблемы, связанные с оптическим приводом компакт-дисков
6	Проблемы, связанные с жестким диском
7	Проблемы, связанные с оперативной памятью
8	Проблемы, связанные с видеоадаптером
9	Проблемы, связанные с ТВ – тюнером
10	Проблемы, связанные с модемом
11	Проблемы, связанные с дисководом гибких магнитных дисков
12	Проблемы, связанные с процессором
13	Проблемы, связанные с ЭЛТ и ЖК монитором
14	Проблемы, связанные с матричными, струйными, лазерными принтерами
15	Проблемы, связанные со сканером
16	ПК не запускается
17	Проблемы, связанные с установкой ОС на ПК

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

Применение диагностической матрицы нашло наибольшее распространение в технической диагностике.

Ее изучение позволяет решать задачи оптимальной организации процессов диагностирования.

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

Пример таблицы неисправностей, связанных со звуком на персональном компьютере (ПК) представлен в табл. 5.

Таблица 5  
Неисправности, связанные со звуком на ПК

Неисправности	Диагностические симптомы	
	Нет сигнала с линейного выхода	Шум и помехи в динамиках
Не установлен драйвер	1	0
Неправильные настройки интерфейса звуковой платы	1	0
В меню BIOS отключена опция использования данного устройства	1	0
Акустическая система не работоспособна	1	0
Помехи со стороны CRT – монитора	0	1
Плохой контакт в аудио кабеле	0	1
Неправильное подключение	1	1

## Выводы

В данной статье рассмотрены различные методы хранения информации о неисправностях в КС – словари точного соответствия, фазовые и гнездовые словари.

В данных словарях диагностическая информация сформирована в виде векторов неисправностей, которые формируют таблицу неисправностей.

Данный метод представления диагностической информации является малоэффективным. Для нахождения неисправности необходимо проводить диагностические процедуры, выполнение которых при диагностике необнаруживаемых неисправностей, или неисправностей, вызывающих непредвиденное поведение диагностируемого объекта оказывается не целесообразным.

При использовании, рассмотренных интеллектуальных словарей неисправностей, таких проблем удается избежать.

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 диагностических матриц на основе интеллектуальных словарей неисправностей решает задачу упорядочения и структурирования

знаний, что значительно ускоряет процесс поиска релевантных знаний.

## Литература

1. Davidov A.A. Classification of the basic parameters for estimation of reliability and diagnosability of computers systems / A.A. Davidov, A.I. Lipchansky // *Радиоелектроніка і комп'ютерні системи ХАІ*. – 2007. – Вип. 6 (25). – 57-60 с.
2. Пархоменко П.П. Основы технической диагностики (модели объектов, методы и алгоритмы) / П.П. Пархоменко. – М.: Энергия, 1976. – 460 с.
3. Чжен Г. Диагностика отказов цифровых вычислительных систем / Г. Чжен, Е. Меннинг, Г. Метц. – М.: Мир, 1972. – 230 с.
4. Кривуля Г.Ф., Давыдов А.А. Интеллектуальные средства диагностики компьютерных систем / Г.Ф. Кривуля, А.А. Давыдов // *Сб. науч. тр. 3-го Международного радиоэлектронного форума Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития ХНУРЭ*. – Х., 2008. – С. 37-44.

Поступила в редакцию 16.02.2009

**Рецензент:** д-р. техн. наук, проф. Г.Ф. Кривуля, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

## ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СЛОВНИКИ НЕСПРАВНОСТЕЙ У ДІАГНОСТУВАННІ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

*А.А. Давидов*

У статті розглядається застосування словників несправностей для діагностування комп'ютерних систем. Надано огляд словників точної відповідності, фазовий та гніздовий словники. Пропонується використання інтелектуальних словників несправностей, у яких застосовуються терміни природної мови. Побудова діагностичних матриць на основі інтелектуальних словників несправностей вирішує задачу упорядкування і структуризації знань, що значно прискорює процес пошуку релевантних знань.

**Ключові слова:** комп'ютерна система, несправність, інтелектуальний словник, дефект, діагностична матриця.

## INTELLECTUAL DICTIONARIES OF FAULT IN DIAGNOSTICATING OF THE COMPUTER SYSTEMS

*A.A. Davidov*

Fault dictionaries application for computer systems diagnostics is examined in this article. Review of dictionary of exact accordance, phase dictionary and nest dictionary is given. The use of intellectual dictionaries of fault which is used the terms of human language is offered. The construction of diagnostic matrices on the basis of intellectual dictionaries of disrepairs decides a sequencing and structuring of knowledges problem, that accelerates the process of search of relevant knowledges considerably.

**Key words:** computer systems, fault, defect, intellectual dictionary, diagnostic matrix.

**Давыдов Андрей Андреевич** – аспирант кафедры автоматизации проектирования вычислительной техники Харьковского национального университета радиоэлектроники, e-mail: [AndreyHnure@yandex.ru](mailto:AndreyHnure@yandex.ru).