

6 (109)' 2014

**ІНФОРМАЦІЙНО - КЕРУЮЧІ СИСТЕМИ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ**

Виходить 6 разів на рік  
Видається з 23 квітня 1996 р.

**INFORMACIJO-KERUÛCI SISTEMI NA ZALIZNICNOMU TRANSPORTI**

**Зміст – Содержание – Contents**

**Видання**

Української державної академії залізничного транспорту

**Мирошник М.А.**

Проектирование распределенных вычислительных систем на базе компьютерных сетей .....3

**Скалозуб В.В., Осовик В.Н.**

Индивидуальные интеллектуальные модели для эксплуатации однородных железнодорожных технических систем на основе параметров текущего состояния .....8

**Волков А.С., Приходько С.И., Штомпель Н.А., Зубенко В.А.**

Исследование характеристик алгебраических несистематических сверточных кодов перемежения .....13

**Кривуля Г.Ф., Шкиль А.С., Кучеренко Д.Е.**

Экспертный анализ технического состояния компьютерной системы с использованием нечетких диагностических признаков .....20

**Изотов А.С., Немченко В.П., Демидчук М.А.**

Модификация жизненного цикла сетевых протоколов .....25

**Чапанова Е.Б., Филатов В.А., Спивак Н.О.**

Компонента ограничений целостности как элемент объектно-реляционной модели данных .....30

**Каткова Т.И.**

Экономико-математическая модель формирования оптимального проекта плана материально-технического развития предприятия .....35

**Омаров М.А., Цехмистро И.И., Зайченко О.Б.**

Структурное моделирование многозондового микроволнового мультиметра на основании итерационных алгоритмов .....43

**Баранник В.В., Рябуха Ю.Н., Комолов Д.И.**

Методология селективной защиты видеопотока по базовым кадрам .....49

**Отман Шади О.Ю.**

Методологическая база для представления трансформанты в неравновесном позиционном неравномерно-диагональном пространстве .....58

**Королёва Я.Ю.**

Методы построения диагностических экспериментов в многопроцессорных сетях с реконфигурируемыми структурами .....65

**Капцова Н.И.**

Технологический расчет подземного хранилища газа .....68

**Петренко Ю.А.**

Компьютерная технология синтеза системы офисов по управлению программами .....72

**Усик В.В., Модянова І.І.**

Використання пакету програм EASE 4.3 для моделювання акустики відкритих майданчиків .....79

УДК 32.973.202

КРИВУЛЯ Г.Ф., д.т.н., професор,

ШКИЛЬ А.С., к.т.н., доцент,

КУЧЕРЕНКО Д.Е., аспірант (Харьковский национальный университет радиоэлектроники)

## Експертний аналіз технічного стану комп'ютерної системи з використанням нечітких діагностических ознак

В статті для аналізу несправних станів комп'ютерної системи використовується експертна система діагностування. В якості математического апарату вибрана нечітка логіка для представлення експертних оцінок технічного стану окремих компонентів об'єкта діагностування – апаратних засобів, програмного забезпечення і користуваческого персоналу комп'ютерної системи. На етапі підготовки діагностического експерименту пропонується описувати діагностическі ознаки як лінгвістическі змінні, що дає можливість використовувати знання і досвід експерта в звичній для нього формі.

**Ключові слова:** комп'ютерна система, експертна оцінка, діагностическі ознаки, нечітка логіка, лінгвістическі змінні.

### 1. Аналіз предметної області і постановка задачі

Современная компьютерная система (КС) обработки информации и управления может быть представлена совокупностью аппаратных средств, программного обеспечения (ПО) и пользовательского персонала, которые функционально тесно взаимосвязаны. Сбои в аппаратных средствах могут привести к генерации ложного сигнала на входе программных компонентов, что может привести к ошибкам в работе ПО. В таких критических (нештатных) ситуациях зачастую персонал допускает ошибочные действия, что может спровоцировать неправильную работу аппаратных средств или ПО. Таким образом, сбой, возникший в одном компоненте, может привести к нарушению функционирования всей КС.

Для отдельных составляющих КС разработано достаточно много методов экспертного оценивания состояния аппаратных средств, ПО и компетентности пользователя. Однако, в настоящее время обобщенная оценка качества функционирования КС в целом отсутствует. Качество функционирования КС определяется её техническим состоянием и непосредственно зависит от состояния всех трех компонентов – аппаратных средств, ПО и квалификации (компетентности) пользователя.

Определение состояния КС осуществляется с применением методов технического диагностирования и при этом требуется разработка формальной модели объекта диагностирования (ОД) – совокупность формальных описаний исправного объекта и его неисправных модификаций. Множество неисправных состояний ОД может быть определено словарем дефектов – перечнем дефектов, приводящих к нарушению правильности функционирования ОД. При этом для проведения диагностического эксперимента (ДЭ) требуется наличие бинарного эталона правильного функционирования ОД. Такой метод является традиционным при структурно-функциональном диагностировании компонентов цифровой систем. Однако, такой подход частично применим к аппаратной части КС [1], а его использование для диагностирования ПО практически невозможно [2], и неприменим для оценивания квалификации пользователей КС [3,4].

**Целью данной работы** является разработка количественной оценки качества функционирования КС в целом на основе унифицированной модели экспертного оценивания состояний компонентов КС – аппаратных средств, ПО и квалификации пользователей.

### 2. Экспертная система диагностирования КС

Ввиду сложности и разнородности компонентов КС, а также отсутствия бинарных эталонов правильного функционирования компонентов КС, для оценки их состояния применяют экспертное диагностирование [4]. Под экспертным диагностированием подразумевается определение состояния ОД на основе качественной информации

экспертов. При этом словарь дефектов заменяется набором диагностических признаков (ДП), значения которых характеризуют состояния компонентов КС. В этом случае моделью неисправностей целесообразно рассматривать критичные значения ДП. Например, если в качестве ДП используется скорость передачи данных в локальной вычислительной сети с номинальным значением 100 Кбит/сек, то падение скорости ниже 50 Кбит/сек можно считать признаком неисправного состояния сети.

Модель оценивания ДП не должна требовать от эксперта излишней детализации. В качестве математического аппарата для экспертного диагностирования целесообразно использовать нечеткую логику и процедуры нечеткого логического вывода с использованием лингвистических переменных (ЛП). При этом имеется возможность унификации моделей (термов) ЛП для ДП.

На основе предлагаемой модели неисправных состояний КС предлагается структура (рис.1) экспертной системы диагностирования (ЭСД). В качестве модели представления знаний используется продукционная модель (ПМ), которая обладает рядом преимуществ: наглядность; модульность (отдельные продукционные правила могут быть добавлены в базу знаний, удалены или изменены независимо от других,

что позволяет автоматизировать их проектирование), легкость внесения дополнений и изменений; простота логического вывода. Для обеспечения корректности введенных знаний содержит дополнительный блок синтеза и анализа. При проведении ДЭ для моделей неисправных состояний КС используются отклонения нормативных параметров функционирования компонентов КС. Экспертное диагностирование неисправных состояний трансформируется экспертом в значения выходной ЛП (или наоборот). Результат диагностирования определяется ЭСД на основе нечеткого логического вывода Мамдани.

### 3. Модель оценивания технического состояния

При экспертном диагностировании и подготовки ДЭ основной задачей является выбор ДП для описания технического состояния ОД. Участниками ДЭ являются не только диагност и эксперт, но и пользователь, заинтересованный в качественном функционировании КС. Это может быть владелец КС, оперативный дежурный, главный инженер и т.д. В дальнейшем будем называть его заказчиком. Каждый из субъектов проведения ДЭ отвечает за тот или иной его этап.



Рис. 1. Структура экспертной системы диагностирования

Формирование модели оценивания технического состояния ОД сводится к следующим этапам.

1. Выбор ДП, их количества и весов. Определяет заказчик совместно с диагностом.

2. Выбор количества уровней оценивания (диапазонов оценивания) входных ДП и результата диагностирования. Это фактически составление модели технического состояний КС и способов ее оценивания. Определяет диагност по согласованию с заказчиком.

3. Выбор числовых границ оценивания каждого ДП и результата диагностирования. Определяет диагност по согласованию с экспертом и заказчиком.

4. Нормирование оценок в соответствие с принятым шаблоном оценивания с учетом всего (универсального в рамках лингвистических переменных) диапазона значений ДП. Определяет диагност по согласованию с экспертом.

5. Задание функций принадлежности на заданном диапазоне (при использовании нечеткого логического вывода). Определяет эксперт.

6. Составление модели оценивания (базы продукционных правил) и проверка ПП на корректность. Определяет эксперт совместно с диагностом.

7. Составление шаблона оценивания в заданных диапазонах для эксперта. Определяет диагност по согласованию с заказчиком.

8. Принятие решения о результатах диагностирования с использованием инструментальных средств экспертного оценивания и базы знаний в форме ПП. Выполняет диагност по согласованию с заказчиком.

Для выбранной модели ОД диагност должен выполнить оценку, т. е. произвести количественные или качественные измерения соответствующих признаков. Оценка количественного признака сводится к указанию соответствующего численного значения либо интервала, в котором, по мнению диагноста, лежит значение оцениваемого признака.

Специфика объектов экспертного оценивания такова, что диагностам сложно дать количественную оценку значений оцениваемого ДП, а в некоторых случаях такие оценки не позволяют получить надежную экспертную информацию. В таких ситуациях целесообразно использовать качественные ДП с вербально-числовыми шкалами. Такая шкала представляет собой наименование градаций, которые должны быть содержательно описаны, и соответствующие им численные значения, либо диапазоны численных значений.

В качестве примера с целью единообразия оценивания качества функционирования всех компонентов КС будем использовать минимальную трехуровневую квантильную стандартизацию результатов оценивания ДП в виде трех уровней:

«высокий», «средний (достаточный)» и «низкий». Для оценки результата диагностирования применим пятиуровневую градацию: «очень низкий», «низкий», «средний», «достаточный», «высокий». Далее рассмотрим выбор ДП при экспертном анализе всех трех компонентов КС.

#### 4. Выбор ДП при анализе состояния аппаратного обеспечения КС

Отказы аппаратного обеспечения КС описываются следующими характеристиками: область возникновения отказов, характер изменения параметров во время отказа, характер существования отказа во времени, возможность обнаружения, обусловленность другими отказами, возможность восстановления работоспособности после отказа, причина возникновения, тяжесть последствий.

Каждая из этих характеристик отказа может быть качественно описана трёхуровневой градацией значений в пределах 100-бальной шкалы. При этом распределение значений по шкале носит субъективный характер с последующей аппроксимацией какой-либо известной математической функцией.

Таким образом, техническое состояние аппаратного обеспечения КС будет определяться по 100-бальной шкале наличием отказа определенной силы, который, в свою очередь, зависит от значений перечисленных ранее признаков.

#### 5. Выбор ДП при анализе состояния программного обеспечения КС

Международным стандартом ISO/IEC 9126:2001 для любого класса ПО определен универсальный набор из шести показателей качества:

- функциональность (functionality) – предоставление пользователю возможности, при заданных условиях, решать нужные ему задачи в пределах соответствующей предметной области;
- надежность (reliability) – предоставление пользователю возможности безотказного использования при заданных условиях за установленный период времени;
- удобство использования (usability) или практичность – предоставление пользователю возможности удобного использования;
- производительность (efficiency) или эффективность – возможность, при заданных условиях, обеспечивать необходимую работоспособность относительно выделенных для него ресурсов;
- удобство сопровождения (maintainability) – удобство проведения всех видов деятельности, связанных с сопровождением программы;
- переносимость (portability) – сохранение работоспособности при перенесении из одного окружения в другое, учитывая организационные, аппаратные и программные аспекты окружения.

Иногда эта характеристика называется мобильностью.

Выбрав необходимые для анализа ДП, необходимо построить вербально-числовую шкалу, где качественным характеристикам (низкий, средний, высокий) ставится в соответствие некоторый интервал численных значений. Границы интервалов значений каждого ДП выбираются экспертами исходя из смысловой нагрузки признака, а потом нормируются по 100-бальной шкале. Таким образом, качество ПО будет определяться как совокупность оценок выбранных ДП.

## 6. Выбор ДП при анализе компетентности пользователя КС

Экспертная оценка качества аппаратного и программного обеспечений КС не даст полной картины качества всей системы в целом. Независимо от сложности КС пользователь остается одним из главным звеном системы «человек – машина». Именно он ставит цели перед системой, планирует, направляет и контролирует весь процесс ее функционирования. От его уровня компетентности и деятельности существенно зависит качество функционирования КС, которая в свою очередь характеризуется безошибочностью решения задач пользователя.

В условиях информатизации общества пользователь КС должен обладать не только набором знаний, умений и навыков, но и уметь применять их для решения ряда профессиональных задач, т.е. обладать информационно-коммуникационно-технологической компетентностью (профессиональной ИКТ-компетентностью). Под профессиональной компетентностью принято понимать совокупность знаний, умений, навыков и способов их приложения, которые позволяют личности адекватно воспринимать и обрабатывать информацию в своей предметной отрасли, постигать сущность связей между объектами профессиональной деятельности и принимать адекватные решения в различных стандартных и нестандартных ситуациях.

Процесс анализа компетентности пользователя КС можно рассматривать как ДЭ с применением специальных квалификационных заданий (КЗ), проверяющих уровень знаний, умений и навыков пользователя КС, а также его способности адекватно реагировать на различные ситуации, возникающие в процессе работы КС.

ДЭ по анализу компетентности состоит из подготовки специальных КЗ и эталонных (правильных) реакций испытуемого, процесса проведения испытания и сравнения ответов (принятых решений) с эталоном, а затем принятия решения о результате испытания.

При подготовке КЗ используется трехмерная модель ИКТ-компетентности, которая состоит из предметного измерения (что нужно знать), деятельностного измерения (что нужно уметь) и

практичного измерения (как использовать приобретённые знания и умения при проектировании и эксплуатации компьютерных систем).

Используемые в ходе диагностического эксперимента КЗ могут быть различной формы, некоторые из них плохо поддаются точному количественному измерению (задания с развернутым ответом). Оценка данного типа КЗ является сложной задачей, так как степень правильности выполнения задания и градации степени выполнения – характеристики в большей мере субъективные. Они могут определяться только экспертом (группой экспертов).

Таким образом, эксперт должен выбрать соответствующие ДП (критерии оценивания) для каждого КЗ, а ЭСД определит степень правильности выполнения данного задания.

## 7. Выводы

Для анализа технического состояния КС как совокупности аппаратных средств, ПО и персонала предложено использовать экспертное диагностирование с применением правил и процедур нечеткой логики. Для комплексной оценки качества функционирования всей системы в целом целесообразно с единой позиции рассматривать неисправности оборудования КС, ошибки ПО, уровень компетентности пользователя КС. Разработанная модель представления ДП различных компонентов КС в виде лингвистических переменных позволяет ДП объединить в единое пространство оценивания с одинаковым количеством термов для входных (три) и выходных (пять) ЛП и 100-процентной шкалой их измерения. Это позволило применить единый подход к формированию базы знаний эксперта в экспертной системе диагностирования.

## Литература

1. Krivoulya, G. Smart tools for diagnosis computer failures / G. Krivoulya, D. Kucherenko, N. Dubinsky // EWDTs'10: Proc. of international conf., 17-20 September, 2010.– Sochi, Russia: KhNURE, 2010.– P. 390-394.
2. Кривуля Г.Ф. Экспертное оценивание качества программного обеспечения. / Г.Ф. Кривуля, А.С. Шкиль, Д.Е. Кучеренко // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2013. – №5(64). – С.282-286.
3. Krivoulya, G. Competence as a support factor of the computer system operation / G. Krivoulya, A. Shkil, D. Kucherenko // EWDTs'2011: Proc. of international conf., 9-12 september, 2011.– Sevastopol, Ukraine: KhNURE, 2011. – P. 303–310.
4. Кривуля Г.Ф. Процедуры диагностирования компетентностей пользователей компьютерных систем / Г.Ф. Кривуля, А.С. Шкиль, Д.Е. Кучеренко, Е.В. Гаркуша // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті –2011–№1–С.68–75.

**Г.Ф. Кривуля, О.С. Шкіль, Д.Ю. Кучеренко.** **Експертний аналіз технічного стану комп'ютерної системи з використанням нечітких діагностичних ознак.** У статті для аналізу несправних станів комп'ютерної системи використовується експертна система діагностування. В якості математичного апарату обрана нечітка логіка для представлення експертних оцінок технічного стану окремих компонент об'єкта діагностування - апаратних засобів, програмного забезпечення і користувальницького персоналу комп'ютерної системи. На етапі підготовки діагностичного експерименту пропонується описувати діагностичні ознаки як лінгвістичні змінні, що дає можливість використовувати знання і досвід експерта у звичній для нього формі.

**Ключові слова:** комп'ютерна система, експертна оцінка, діагностичні ознаки, нечітка логіка, лінгвістичні змінні.

---

**G.F. Krivoulya, A.S. Shkil, D.E. Kucherenko.** **Expert analysis of computer system technical state using fuzzy diagnostic features.** The expert diagnosis system is used in the given article for the analysis of fault conditions of the computer system. Fuzzy logic has been selected as mathematical apparatus to present expert assessments of technical condition of separate components of a unit under test - hardware, software and user personnel of a computer system. At the stage of diagnostic experiment preparation we propose to describe diagnostic features as linguistic variables that makes it possible to use knowledge and experience of an expert in the conventional for him form.

**Key words:** computer system, expert assessment, diagnostic features, fuzzy logic, linguistic variables.

Рецензент д.т.н., професор Хаханов В.И.  
(Харьковский национальный университет  
радиоэлектроники)

*Поступила 10.09.2014г.*