

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
“Харківський авіаційний інститут”

ISSN 1814-4225

РАДІОЕЛЕКТРОННІ
І
КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ

6 (47)

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ

Видається з січня 2003 р.

Виходить 4 рази на рік

Харків "ХАІ" 2010

Засновник журналу **Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
“Харківський авіаційний інститут”**

Затверджено до друку вченою радою Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського "ХАІ", протокол № 7 від 24 березня 2010 р.

Головний редактор	Віктор Михайлович Ілюшко , доктор технічних наук, професор
Редакційна колегія	І.В. Баришев , д-р техн. наук, професор; В.К. Волосюк , д-р техн. наук, професор; В.М. Вартанян , д-р техн. наук, професор; І.А. Жуков , д-р техн. наук, професор; М.В. Замірець , д-р техн. наук, професор; О.О. Зеленський , д-р техн. наук, професор; Б.М. Конорєв , д-р техн. наук, професор, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки; В.А. Краснобаєв , д-р техн. наук, професор, заслужений винахідник України; Г.Я. Красовський , д-р техн. наук, професор; А.С. Кулік , д-р техн. наук, професор, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки; В.В. Лукін , д-р техн. наук, професор; В.В. Печенін , д-р техн. наук, професор; В.В. Піскорж , д-р техн. наук, професор; В.П. Тарасенко , д-р техн. наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки; І.Б. Сіроджа , д-р техн. наук, професор; О.Є. Федорович , д-р техн. наук, професор; В.С. Харченко , д-р техн. наук, професор, заслужений винахідник України.
Відповідальний секретар	О.Б. Лещенко , кандидат технічних наук, доцент

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 6987 від 19.02.2003 р.

За вірогідність інформації несуть відповідальність автори. В журналі публікуються статті українською, російською та англійською мовами. Рукописи не повертаються. При передруку матеріалів посилання на журнал «РАДІОЕЛЕКТРОННІ І КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ» обов'язкові.

Науково-технічний журнал включений до переліку наукових видань, в яких можуть друкуватися основні результати дисертаційних робіт (див. постанову президії ВАК України №1-05/3 від 8.07.2009)

Реферативна інформація зберігається:

– у загальнодержавній реферативній базі даних «Україніка наукова» та публікується у відповідних тематичних серіях УРЖ «Джерело» (вільний он-лайнний доступ до ресурсів на Web-сервері <http://www.nbu.gov.ua>);

– у реферативній базі даних Всеросійського інституту наукової і технічної інформації (ВІНІТІ) Російської академії наук і публікується у відповідних тематичних серіях РЖ (вільний он-лайнний доступ до ресурсів на Web-сервері <http://www.viniti.ru>).

В сборнике представлены результаты исследований, касающихся компьютерной инженерии, управления, технической диагностики, автоматизации проектирования, оптимизированного использования компьютерных сетей и создания интеллектуальных экспертных систем. Предложены новые подходы, алгоритмы и их программная реализация в области автоматического управления сложными системами, оригинальные информационные технологии в науке, образовании, медицине.

Для преподавателей университетов, научных работников, специалистов, аспирантов.

У збірнику наведено результати досліджень, що стосуються комп'ютерної інженерії, управління, технічної діагностики, автоматизації проектування, оптимізованого використання комп'ютерних мереж і створення інтелектуальних експертних систем. Запропоновано нові підходи, алгоритми та їх програмна реалізація в області автоматичного управління складними системами, оригінальні інформаційні технології в науці, освіті, медицині.

Для викладачів університетів, науковців, фахівців, аспірантів.

Редакционная коллегия:

В.В. Семенец, д-р техн. наук, проф. (гл. ред.); *М.Ф. Бондаренко*, д-р техн. наук, проф.; *И.Д. Горбенко*, д-р техн. наук, проф.; *Е.П. Пуятин*, д-р техн. наук, проф.; *В.П. Тарасенко*, д-р техн. наук, проф.; *Г.И. Загарий*, д-р техн. наук, проф.; *Г.Ф. Кривуля*, д-р техн. наук, проф.; *Чумаченко С.В.*, д-р техн. наук, проф.; *В.А. Филатов*, д-р техн. наук, проф.; *Е.В. Бодянский*, д-р техн. наук, проф.; *Э.Г. Петров*, д-р техн. наук, проф.; *В.Ф. Шостак*, д-р техн. наук, проф.; *В.М. Левыкин*, д-р техн. наук, проф.; *Е.И. Литвинова*, д-р техн. наук, проф.; *В.И. Хаханов*, д-р техн. наук, проф. (отв. ред.).

Свидетельство о государственной регистрации
печатного средства массовой информации

КВ № 12073-944ПР от 07.12.2006 г.

Адрес редакционной коллегии: Украина, 61166, Харьков, просп. Ленина, 14, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, комн. 321, тел. 70-21-326

© Харківський національний університет
радіоелектроніки, 2013

ЗМІСТ

Гарантоздатність сервіс-орієнтованих систем

Туркин И.Б., Соколова Е.В.

МОДЕЛЬ ВЫЧИСЛЕНИЙ, УПРАВЛЯЕМЫХ ДАННЫМИ, В ПРОГРАММНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ 13

Плахтеев А.П., Плахтеев П.А.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕМЕНТОВ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ 20

Кислиця Л.М.

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ ІЄРАРХІЧНОГО ПІДХОДУ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЧАСОВИХ РЯДІВ 25

Дужий В.И., Харченко В.С., Старов А.А., Русин Д.О.

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕРВИСОВ СПОРТИВНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ КАК МНОГОВЕРСИОННЫХ ПРОЕКТОВ 29

Бохан К.А., Худолей М.С.

МОДЕЛИ КОРПОРАТИВНЫХ СЕРВИСОВ НА ОСНОВЕ ИЕРАРХИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ПЕТРИ..... 36

Скатков А.В., Смагина А.О.

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРНЫХ РЕШЕНИЙ ПО КОНТРОЛЮ ДОСТУПА В СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ 42

Федосеева А.А.

ИНФОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ «ЛЕКАРСТВЕННОЕ СЫРЬЕ - ЛЕКАРСТВЕННЫЙ ПРЕПАРАТ» ДЛЯ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ ER-ДИАГРАММ 47

Потий А.В., Пилипенко Д.Ю.

КОНЦЕПЦИЯ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ..... 53

Липская О.В.

МЕТОД ПОИСКА И ГРУППИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ БАЗ ДАННЫХ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК..... 59

Горбенко А.В.

АНАЛИЗ НЕСТАБИЛЬНОСТИ ЗАДЕРЖЕК, СОСТАВЛЯЮЩИХ ВРЕМЯ ОТКЛИКА WEB-СЛУЖБ (на англ. яз.) 63

Куланов С.А.

МЕТОД ПЛАНИРОВАНИЯ ЗАДАЧ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ В ГРИД НА ОСНОВЕ ПРОЦЕДУР ПРОГНОЗИРОВАНИЯ 68

Воронин Д.Ю.

ОПЕРАТИВНАЯ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЯ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ 73

Інформаційна безпека

Капгер И.В., Южаков Ал-р А., Южаков Ал-й А.

РЕАЛИЗАЦИЯ КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ СООБЩЕНИЙ
В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ СЕТЕЙ LON
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ 78

Певнев В.Я.

АНАЛИЗ УГРОЗ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЗАМКНУТЫХ СИСТЕМ..... 83

Лисицкая И.В., Лисицкий К.Е., Широков А.В., Мельничук Е.Д.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ НОВЫХ
КРИТЕРИЕВ ОТБОРА СЛУЧАЙНЫХ ПОДСТАНОВОК..... 87

Погребняк К.А., Ищенко Ю.М.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ГРУППОВЫХ ПОДПИСЕЙ НА ОСНОВЕ ПАРНЫХ
ОТОБРАЖЕНИЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
В НАЦИОНАЛЬНОМ ЭЛЕКТРОННОМ ДОКУМЕНТООБОРОТЕ..... 94

Шапочка Н.В.

АНАЛІЗ АТАК НА ГЕНЕРАТОРИ ВИПАДКОВИХ БІТІВ..... 99

Нейванов А.В., Горбенко И.Д.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АППАРАТНЫХ ПОТОЧНЫХ СИММЕТРИЧНЫХ
ШИФРОВ ПОБЕДИТЕЛЕЙ ПРОЕКТА ESTREAM 105

Горбенко И.Д., Кравченко П.О.

БЕЗОПАСНОСТЬ КОМБИНОВАННОЙ СХЕМЫ ИНФРАСТРУКТУРЫ ОТКРЫТЫХ
КЛЮЧЕЙ ДЛЯ МОДЕЛИ ВИПАДКОВОГО ОРАКУЛА 111

Рувинская В.М., Лотоцкий А.А.

СЦЕНАРИИ ДЛЯ ОПИСАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ВРЕДНОСНЫХ
ПРОГРАММ И ИХ ТЕСТИРОВАНИЕ 117

Тарасенко В.П., Тесленко О.К., Яновська О.Ю.

ВЛАСТИВОСТІ ПОВНИХ ПІДСТАНОВОК, ЯКІ РЕАЛІЗУЮТЬСЯ
НАЙПРОСТІШИМ ОДНОНАПРАВЛЕНИМ РЕГУЛЯРНИМ ОДНОВИМІРНИМ
КАСКАДОМ КОНСТРУКТИВНИХ МОДУЛІВ 123

Глухов В.С., Еліас Р.

ВИЯВЛЕННЯ ПОМИЛОК ПРИ ЗНАХОДЖЕННІ ОБЕРНЕНОГО ЕЛЕМЕНТА
В ГАУСІВСЬКОМУ НОРМАЛЬНОМУ БАЗИСІ ТИПУ 2 ПОЛІВ ГАЛУА $GF(2^M)$ 129

Модель-орієнтовані технології розробки та верифікації

Прохорова Ю.Н.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ДЕРЕВЬЕВ ОТКАЗОВ
ДЛЯ СОЗДАНИЯ СПЕЦИФИКАЦИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНО БЕЗОПАСНЫХ
СИСТЕМ В EVENT-В..... 135

Гахов А.В., Мищенко В.О.

СХЕМА ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ МОДИФИКАЦИИ СИСТЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ МЕТОДЫ ДИСКРЕТНЫХ
ОСОБЕННОСТЕЙ..... 143

Чухрай А.Г., Педан С.И., Анценбергер П.

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ
ИНЖЕНЕРНЫМ КОМПЕТЕНЦИЯМ..... 148

Остроумов С.Б., Лайбинис Л.В., Е.А. Трубицина Е.А.

EVENT-В ШАБЛОНЫ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ОТКАЗОУСТОЙЧИВЫХ
АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ (на англ. яз.)..... 154

Надійність технічних засобів

Долгов Ю.А., Долгов А.Ю., Ваняшкин М.М., Деткова А.В.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ И ШИРИНЫ ЯДРА ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ВЫБОРОК
В МЕТОДЕ ТОЧЕЧНЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ 161

Баркалов А.А., Мальчева Р.В., Солдатов К.А.

МАТРИЧНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АВТОМАТА МУРА С РАСШИРЕНИЕМ
ПРОСТРАНСТВА КОДИРОВАНИЯ 166

Никитина Т.С.

МЕТОД ОЦЕНКИ ТРЕБОВАНИЙ К КЭШ-ПАМЯТИ ДЛЯ ПЕРИОДИЧЕСКИХ
ЗАДАЧ В СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ МНОГОЯДЕРНЫХ ПРОЦЕССОРОВ..... 173

Паулин О.Н.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УМНОЖИТЕЛЕЙ..... 177

Надійність програмного забезпечення

Скляр В.В., Малохатько С.А.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОГРАММНОГО КОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ..... 181

Брюханков С.С., Конорев Б.М., Львов М.С., Жолткевич Г.Н.

ПРО СТАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАЗМЕРНОСТИ
ПЕРЕМЕННЫХ ДЛЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
КРИТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ (на англ. яз.)..... 186

Вилкомир С.А.

ПОДХОДЫ К СРАВНЕНИЮ КРИТЕРИЕВ ТЕСТИРОВАНИЯ
ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ..... 192

Руденко А.А., Одаруценко О.Н., Харченко В.С.

МОДЕЛИ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ
С УЧЕТОМ НЕДЕТЕРМИНИРОВАННОГО ЧИСЛА ВТОРИЧНЫХ ДЕФЕКТОВ 197

Антощук С.Г., Маевский Д.А., Яремчук С.А.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КОЛИЧЕСТВА ОШИБОК НА ЭТАПЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ
АДАПТИРУЕМЫХ УЧЕТНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ..... 204

Поморова О.В., Говорущенко Т.О.

ИНТЕЛЕКТУАЛЬНЫЙ МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ПРОЕКТУВАННЯ
ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЯКОСТІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ 211

Пригожев А.С.

ПОСТРОЕНИЕ КЛАССОВ ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАФА ЗАДАЧ 219

Кузнецова Ю.А., Туркин И.Б.

АНАЛИЗ ЭРГОНОМИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА
ЧЕЛОВЕКО-КОМПЬЮТЕРНЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ В SCADA-СИСТЕМАХ 222

Відмовостійкі системи

Благодарный Н.П.

МОДЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОДНОРОДНЫХ
ПРОЦЕССОРНЫХ СРЕД 229

Романкевич А.М., Майданюк И.В., Романкевич В.А.

ЧАСТНЫЙ СЛУЧАЙ ГРАНИЧНЫХ ОЦЕНОК ПРИ ПОСТРОЕНИИ
И ПРЕОБРАЗОВАНИИ GL-МОДЕЛИ 236

Системы контролю та діагностування

Скобцов Ю.А., Скобцов В.Ю.

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ГЕНЕРАЦИИ ПРОВЕРЯЮЩИХ ТЕСТОВ
ДЛЯ СХЕМ С ПАМЯТЬЮ 244

Комлевая Н.О.

ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ДИСКРИМИНАНТНОГО АНАЛИЗА
В ОФТАЛЬМОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ 250

Глухов В.С.

ВБУДОВАНИЙ КОНТРОЛЬ МНОЖЕННЯ В ГАУСІВСЬКОМУ НОРМАЛЬНОМУ
БАЗИСІ ПОЛІВ ГАЛУА $GF(2^M)$ 255

Кривуля Г.Ф., Давыдов А.А.

ОПТИМИЗАЦИЯ БИНАРНЫХ РЕШАЮЩИХ ДЕРЕВЬЕВ
ПРИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ 260

Кондратенко Ю.П., Коробко О.В.

КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ
СУДНОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК 266

Монтаха М. Саид Моуафак, Лобачев М.В., Милейко И.Г., Дрозд А.В.

МЕТОДЫ РАБОЧЕГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ
ДОСТОВЕРНОСТИ КОНТРОЛЯ ПРИБЛИЖЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ
В МАТРИЧНЫХ АРИФМЕТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВАХ 273

Марченко И.П., Андрашов А.А., Педе Т.Ю.

ОСОБЕННОСТИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ СОПРОВОЖДЕНИЯ ПРОВЕДЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ
РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ 279

Кльоц Ю.П., Колісник А.С., Рудий Я.М.

ОЦІНКА ТРУДОМІСТКОСТІ АЛГОРИТМІВ БЕЗСЛОВНИКОВОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ЦИФРОВИХ СИСТЕМ.....	284
---	-----

Системи програмованої логіки

Малиновский М.Л., Фурман И.А., Аллашев А.Ю., Конищева А.П., Святобатько А.В.

КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ ТАБЛИЧНЫХ ЯЗЫКОВ ОПИСАНИЯ АППАРАТУРЫ	289
---	-----

Хаханов В.И., Литвинова Е.И., Побеженко И.А., Yves Tiesoura

ПРИМЕР ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕСТОПРИГОДНОСТИ ЦИФРОВОГО ПРОЕКТА	292
---	-----

Кургаев О.П., Савченко І.В.

ПРОЕКТУВАННЯ УПРАВЛЯЮЩОЇ ЧАСТИНИ ІР-БЛОКІВ НА ПЛІС.....	298
---	-----

Мельник А.О., Аль Равашдех Д.Х.

СТРУКТУРНА ОРГАНІЗАЦІЯ ПАМ'ЯТІ З ВПОРЯДКОВАНИМ ДОСТУПОМ НА ОСНОВІ СОРТУВАЛЬНИХ МЕРЕЖ.....	303
--	-----

Телекомунікаційні системи та радіоелектронні пристрої

Польщиков К.А., Рвачева Н.В., Любченко Е.Н.

МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ТРАФИКА РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ В КАНАЛЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ С КОММУТАЦИЕЙ ПАКЕТОВ (на англ. яз.).....	312
---	-----

Польщиков К.О., Шкіцькій В.В., Здоренко Ю.М.

ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ПЕРЕДАВАННЯ ДАНИХ В ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІЙ МЕРЕЖІ, В ЯКІЙ УПРАВЛІННЯ ВІКНОМ ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ ЗДІЙСНЮЄТЬСЯ ЗГІДНО З ПРОТОКОЛОМ TCP	316
---	-----

Функціональна безпека та живучість

Меленець А.В.

ВИБІР ТИПІВ ІНТЕГРАЦІЇ БАЗ ДАНИХ ПРО НЕБЕЗПЕЧНІ ОБ'ЄКТИ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ.....	324
---	-----

Коваленко Н.С., Харченко В.С.

МОДЕЛИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ПЕРИМЕТРОВОЙ ОХРАНЫ ОБЪЕКТОВ С "ПАССИВНЫМ" НАРУШИТЕЛЕМ.....	329
---	-----

Неділько С.М., Пальоний А.С.

СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ІНСТРУКТОРА ПРОЦЕДУРНОГО ТРЕНАЖЕРУ УПРАВЛІННЯ ПОВІТРЯНИМ РУХОМ	336
--	-----

Бакаев О.В.

КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В УГЛЕПОРОДНОМ МАССИВЕ УГОЛЬНЫХ ШАХТ.....	343
---	-----

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК.....	349
--------------------------	-----

CONTENTS

Dependability of service-oriented systems

Turkin I.B., Sokolova E.V.

THE CALCULATIONS MODEL, OPERATED DATA, IN THE REAL
TIME SYSTEMS SOFTWARE 13

Plakhtyeyev A.P., Plakhtyeyev P.A.

MODELING AND INVESTIGATION PROCESS INTERWORKING ELEMENTS
WIRELESS SENSOR NETWORK..... 20

Kislitsa L.N.

INFORMATION TECHNOLOGY OF SUPPORT OF DECISION-MAKING IS ON BASIS
OF HIERATICAL APPROACH FOR ANALYSIS OF ROWS OF SENTINELS 25

Duzhyi V.I., Kharchenko V.S., Starov O.O., Rusin D.O.

RESEARCH SPORTS PROGRAMMING SERVICES AS MULTIVERSION PROJECTS 29

Bokhan K.A., Khudoley M.S.

MODEL OF CORPORATE SERVICES BASED ON HIERARCHICAL PETRI NETS..... 36

Skatkov A.V., Smagina A.O.

OPTIMIZATION OF STRUCTURAL SOLUTIONS FOR ACCESS
CONTROL IN SYSTEMS OF DATA..... 42

Fedoseeva A.A.

INFOLOGICAL MODEL "CRUDE DRUG - DRUG" FOR PHARMACEUTICAL
ENTERPRISES BASED ON ER-DIAGRAMS 47

Potiy A.V., Pilipenko D.J.

THE CONCEPT OF INFORMATION SECURITY STRATEGIC MANAGEMENT 53

Lipska O.V.

THE METHOD OF FINDING AND GROUPING OBJECTS STORED IN DATABASES
IN CONDITIONS OF TIMELINE CHARACTERISTICS INDETERMINACY 59

Gorbenko A.V.

INSTABILITY ANALYSIS OF DELAYS CONTRIBUTING TO
WEB SERVICE RESPONSE TIME 63

Kulanov S.A.

METHOD FOR JOB PLANNING AND RESOURCE DISTRIBUTION IN GRID BASED
ON THE FORECASTING PROCEDURES 68

Voronin D.Y.

OPERATIONAL SCHEDULING IN THE DISTRIBUTED CALCULATING SYSTEMS
BASED ON NEURAL MODELS 73

Information security

Kapger I.V., Yuzhakov Al-r A., Yuzhakov Al-y A.

IMPLEMENTATION OF CRYPTOGRAPHIC CONVERSIONS OF THE MESSAGES
IN CONTROL SYSTEMS OF INDUSTRIAL LON NETWORKS OF INTELLECTUAL
BUILDINGS..... 78

<i>Pevnev V.Y.</i> THE ANALYSIS OF THREAT OF INFORMATION SECURITY OF THE CLOSED LOOP SYSTEMS	83
<i>Lysytska I.V., Lysytskiy K.E., Shurokov A.V., Melnichuk E.D.</i> EXPERIMENTAL VERIFICATION OF CAPACITY AND EFFICIENCY OF NEW CRITERIA OF SELECTION OF RANDOM SUBSTITUTIONS.....	87
<i>Pogrebnyak K.A., Ishchenko Yu.M.</i> ANALYSIS OF CONTEMPORARY GROUP SIGNATURE FROM BILINEAR PAIRINGS AND PROSPECTS OF THEIR USE IN THE NATIONAL SYSTEM OF ELECTRONIC DOCUMENT	94
<i>Shapochka N.V.</i> ANALYSIS OF ATTACKS ON RANDOM BIT GENERATORS	99
<i>Neyvanov A.V., Gorbenko I.D.</i> COMPERATIVE ANALISIS OF HARDWARE STREAM SYMMETRIC CIPHERS WINERS OF ESTREAM	105
<i>Gorbenko I.D., Kravchenko P.O.</i> SECURITY OF COMBINED PUBLIC KEY INFRASTRUCTURE SCHEME IN RANDOM ORACLE MODEL.....	111
<i>Ruvinskaya V.M., Lototsky A.A.</i> SCENARIOS FOR DESCRIBING DIFFERENT TYPES OF MALICIOUS PROGRAMS AND THEIR TESTING	117
<i>Tarasenko V.P., Teslenko O.K., Yanovska O.Yu.</i> PROPERTIES OF COMPLETE PERMUTATIONS, WHICH ARE REALIZED BY MEANS OF THE SIMPLEST REGULAR CASCADE OF CONSTRUCTIVE MODULES	123
<i>Hlukhov V.S., Elias R.</i> CONCURRENT ERROR DETECTION FOR A GAUSSIAN NORMAL BASIS TYPE 2 GF(2 ^m) INVERTER	129
Model-oriented technologies of development and verification	
<i>Prokhorova Yu.N.</i> AN APPLICATION OF FAULT TREE ANALYSIS TECHNIQUE TO CREATE SPECIFICATIONS OF SAFE SYSTEMS IN EVENT-B	135
<i>Gakhov A.V., Mishchenko V.O.</i> PARALLEL MODIFICATION SCHEME FOR COMPUTER MODELING SYSTEMS THAT USE DISCRETE SINGULARITIES METHODS.....	143
<i>Chukhray A.G., Pedan S.I., Anzenberger P.</i> ABOUT ONE APPROACH TO MODELLING OF PROCESS OF ENGINEERING COMPETENCIES TUTORING	148
<i>Ostroumov S.B., Laibinis L.V., Troubitsyna E.A.</i> EVENT-B PATTERNS FOR DEVELOPING FPGA-BASED HARDWARE.....	154

Hardware reliability

<i>Dolgov Y.A., Dolgov A.Y., Vanyashkin M.M., Detkova A.V.</i> DEFINITION OF BOUNDARIES AND KERNEL WIDTH OF EQUIVALENT SAMPLES IN POINT-DISTRIBUTION METHOD	161
<i>Barkalov A.A., Malcheva R.V., Soldatov K.A.</i> MATRIX IMPLEMENTATION OF MOORE FINITE STATE MACHINE WITH THE EXPANSION OF SPACE CODING	166
<i>Nikitina T.S.</i> METHOD OF ESTIMATING THE REQUIREMENTS OF CACHE-MEMORY FOR PERIODIC TASKS IN MULTICORE SYSTEMS	173
<i>Paulin O.N.</i> COMPARE ANALYSIS OF THE DESIGN METHODS OF THE MULTIPLIERS.....	177

Software reliability

<i>Sklyar V.V., Malohatko S.A.</i> PROGRAM CODE OPTIMIZATION WITH USING MATHEMATICAL PROGRAMMING METHODS	181
<i>Brukhankov S.S., Konorev B.M., L'vov M.S., Zholtkevych G.N.</i> ABOUT STATIC ANALYSIS OF VARIABLES PHYSICAL DIMENSIONS FOR CRITICAL-MISSION SOFTWARE.....	186
<i>Vilkomir S.A.</i> APPROACHES TO COMPARISON OF SOFTWARE TESTING CRITERIA.....	192
<i>Rudenko A.A., Odarushchenko O.N., Kharchenko V.S.</i> MODEL OF SOFTWARE RELIABILITY ASSESSMENT INCLUSIVE NON-DETERMINISTIC NUMBER OF SECONDARY DEFECTS	197
<i>Antoschuk S.G., Maevsky D.A., Yaremchuk S.A.</i> ERRORS AMOUNT PROGNOSTICATION ON THE STAGE OF EXPLOITATION OF THE ADAPTED ACCOUNTING INFORMATION SYSTEMS	204
<i>Pomorova O.V., Govorushchenko T.O.</i> INTELLIGENCE METHOD OF SOFTWARE ENGINEERING RESULTS VALUATION AND SOFTWARE QUALITY CHARACTERISTICS PREDICTION	211
<i>Prigozhev A.S.</i> CONSTRUCTION OF EQUIVALENCE CLASSES WITH USING PROBLEMS GRAPH.....	219
<i>Kuznetsova Yu.A., Turkin I.B.</i> THE ANALYSIS OF ERGONOMIC CRITERIAS AND QUALITY INDEXES OF HUMAN-MACHINE INTERFACES IN SCADA-SYSTEMS.....	222

Fault-tolerant systems*Blagodarnyy N.P.*

EFFICIENCY MODELS OF HOMOGENEOUS PROCESSOR ENVIRONMENTS USAGE..... 229

Romankevich O.M., Maidanyuk I.V., Romankevich V.O.

PRIVATE CASE, THE BOUNDARY OF ESTIMATES IN THE FORMATION AND TRANSFORMATION GL-MODEL 236

Systems of diagnostics and checking*Skobtsov Y.A., Skobtsov V.Y.*

ANALYTICAL APPROACH TO TEST GENERATION FOR SEQUENTIAL CIRCUITS 244

Komlevaya N.O.

CONSTRUCTION OF DIAGNOSTIC ATTRIBUTES SYSTEM WITH THE USAGE OF DISCRIMINANT ANALYSIS METHOD IN OPHTHALMOLOGY RESEARCHES..... 250

*Hlukhov V.S.*CONCURRENT ERROR DETECTION FOR GAUSSIAN NORMAL BASIS TYPE 2 MULTIPLICATION OVER $GF(2^M)$ 255*Krivoulya G.F., Davidov A.A.*

OPTIMIZATION OF BINARY DECISION TREES OF THE INTELLECTUAL DIAGNOSTICS COMPUTER SYSTEMS 260

Kondratenko Y.P., Korobko O.V.

COMPUTER SYSTEM OF SHIP ENGINES AUTOMATIC DIAGNOSIS 266

Montaha Said Mouafak M., Lobachev M.V., Mileyko I.H., Drozd A.V.

ON-LINE TESTING METHODS FOR INCREASE IN RELIABILITY OF CHECKING THE APPROXIMATED RESULTS IN ITERATIVE ARRAY ARITHMETIC DEVICES..... 273

Marchenko I.P., Andrashov A.A., Pede T.Yu.

THE FEATURES OF INFORMATION SUPPORT FOR AUTOMATED SYSTEMS FOR AEROSPACE EQUIPMENT QUALIFICATION TESTING 279

Klyots Y.P., Kolesnik A.S., Rudyj Y.M.

ASSESSMENT LABORIOUSNESS OF THE ALGORITHM NON-DICTIONARY DIAGNOSIS OF DIGITAL SYSTEMS 284

Systems with programmable logic*Malinovskiy M.L., Furman I.A., Allashev A.Yu., Konishcheva A.P., Svatobatko A.V.*

TABULAR HARDWARE DESCRIPTION LANGUAGE CONCEPTION 289

Hahanov V.I., Litvinova E.I., Pobezhenko I.O., Yves Tiecoura

CASE-STUDY OF TESTABILITY DETERMINATION FOR DIGITAL PROJECT 292

Kurgaev A.F., Savchenko I.V.

CONTROL UNIT PLANNING OF IP-BLOCKS ON EPLD 298

<i>Melnyk A.O., Al Ravashdeh J.</i> STRUCTURE ORGANIZATION OF ORDERED ACCESS MEMORY BASED ON SORTING NETWORKS	303
Telecommunication systems and radio-electronic units	
<i>Polschykov K.O., Rvachova N.V., Lubchenko K.N.</i> TECHNIQUE OF MODELING THE INTENSITY OF THE REAL TIME TRAFFIC IN A TELECOMMUNICATION NETWORK CHANNEL WITH SWITCHING PACKAGES	312
<i>Polshchykov K.O., Shkitskiy V.V., Zdorenko Y.M.</i> SIMULATION MODEL OF DATA COMMUNICATION IN TELECOMMUNICATION NETWORK IN WHICH A MANAGEMENT THE WINDOW OF OVERLOAD IS CARRIED OUT IN ACCORDANCE WITH PROTOCOL OF TCP	316
Functional safety and survivability	
<i>Melenets A.V.</i> CHOICE OF TYPES OF INTEGRATION OF DATABASES ABOUT DANGEROUS OBJECTS WITH USE OF THE METHOD OF THE ANALYSIS OF HIERARCHIES	324
<i>Kovalenko N.S., Kharchenko V.S.</i> MODELS OF THE AUTOMATED SYSTEMS PERIMETER SECURITY OF OBJECTS WITH "PASSIVE" DISTURBER	329
<i>Nedelko S.N., Palenny A.S.</i> DECISION SUPPORT SYSTEM FOR TRAINERS OF THE AIR TRAFFIC CONTROL PROCEDURAL SIMULATOR	336
<i>Bakaev O.V.</i> CONCEPTION OF CONSTRUCTION MONITORING INFORMATION SYSTEM OF GEODYNAMIC PROCESSES IN COAL CONTAINING MASSIF OF COAL MINES.....	343
INDEX	349

УДК 681.321

Г.Ф. КРИВУЛЯ, А.А. ДАВЫДОВ

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина***ОПТИМИЗАЦИЯ БИНАРНЫХ РЕШАЮЩИХ ДЕРЕВЬЕВ
ПРИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ**

В данной статье рассматривается оптимизация бинарных деревьев решений путем уменьшения размерности дерева и определения несущественных атрибутов (диагностических признаков), которые не влияют на процесс принятия решения о состоянии компьютерной системы. Оптимизированное дерево решений позволяет решать задачи классификации состояния объекта в системах диагностирования с меньшими временными и аппаратными затратами. Применение теории ПФ для оптимизации БДР позволяет минимизировать число атрибутов (диагностических признаков) за счет исключения несущественных атрибутов, которые не влияют на принятие решений при классификации состояний компьютерной системы.

Ключевые слова: бинарные деревья решений, минимизация, диагностические признаки, компьютерные системы, переключательная функция, оптимизация.

Введение

В настоящее время интеллектуальные системы, использующие знания экспертов, стали неотъемлемыми компонентами современных автоматизированных систем различного назначения. При этом за последние десятилетия получили широкое распространение экспертные диагностические системы для различных сфер применения – от медицинских объектов до атомных электростанций [1, 2]. 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. В качестве основных моделей представления знаний в интеллектуальных системах используются системы продукций, фреймовые структуры, семантические сети и логические системы.

Основные трудности при проектировании интеллектуальных диагностических систем связаны с тем, что такие системы разрабатываются для плохо формализованных предметных областей, в которых знания неточны, неполны, противоречивы и изменчивы. Это делает необходимым разработку эффективных методов представления и обработки таких знаний.

В частности, возникает необходимость пополнения, обобщения и классификация диагностической информации. При этом наиболее удобной формой представления знаний для компьютерной обработки являются логические системы в виде деревьев решений [3].

Деревья решений (Decision Trees) являются удобным инструментом в системах поддержки принятия решений интеллектуального анализа данных (Data Mining) и являются одним из наиболее популярных средств для задач классификации в диагностических системах. Они создают иерархическую структуру классифицирующих правил типа "если ... то ..." (If-Then), имеющую вид дерева. Конечными узлами дерева являются "листья", соответствующие найденным решениям и объединяющие некоторое количество объектов классифицируемой выборки.

Область применения деревьев решений в интеллектуальных диагностических системах довольно значительна, но все задачи, решаемые этим методом, могут быть объединены в три следующие группы:

1. Описание данных: деревья решений позволяют хранить информацию о данных в компактной форме, т.е. вместо обширных таблиц данных мы можем хранить дерево решений, которое содержит в концентрированной форме точное описание объектов.

2. Классификация: деревья решений отлично справляются с задачами классификации, т.е. отнесения объектов к одному из заранее известных классов; при этом целевая переменная должна быть измерена в порядковой шкале.

3. Регрессия: если целевая переменная имеет непрерывные значения, деревья решений позволяют установить зависимость целевой переменной от независимых (входных) переменных. Например, к этому классу относятся задачи численного прогнозирования (предсказания значений целевой переменной).

Для диагностирования компьютерной системы (КС), которая представляет собой сложный технический объект, успешно используются бинарные деревья решений (БДР, Binary Decision Trees) [4]. При проектировании диагностического обеспечения КС первоначально составляется диагностическая матрица, которая содержит двоичные диагностические признаки и возможные состояния объекта. По данной матрице конструируется БДР, затем на основе анализа дерева решается задача классификации, т.е. принимается решение о работоспособности отдельных компонентов КС.

В связи с большой размерностью БДР для реальных технических объектов актуальной задачей являются методы оптимизации построенных деревьев решений. В [5] для такой оптимизации используется генетический алгоритм, с использованием которого значительно уменьшается время оптимизации.

Целью настоящей работы является оптимизация БДР за счет уменьшения размерности дерева и определения несущественных атрибутов (диагностических признаков), которые не влияют на процесс принятия решения о состоянии КС.

Оптимизация деревьев решений с использованием теории ПФ

Представим БДР в виде переключательной функции (ПФ) $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ n аргументов, где n – количество диагностических признаков, а функция $f(X)$, 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).

Очевидно, что если ПФ $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ n аргументов имеет m определенных наборов, на которых функция принимает значения, равные нулю или единице, то при $m < 2^n$ существуют $p = 2^n - m$ неопределенных наборов значений аргументов [6]. Доопределение этих наборов двоичными значениями имеет 2^p вариантов, из которых целесообразно выбрать такое, которое обеспечивает минимальное значение ПФ по сравнению с другими вариантами.

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. Примером декомпозиции является представление функции

$f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ в виде разложения по i -му аргументу в следующей форме:

$$f(X) = \bar{x}_i f(x_1, x_2, \dots, x_{i-1}, 0, x_{i+1}, \dots, x_n) \vee x_i f(x_1, x_2, \dots, x_{i-1}, 1, x_{i+1}, \dots, x_n). \quad (1)$$

Определение 1. Функция $f(x_1, x_2, \dots, x_{i-1}, 0, x_{i+1}, \dots, x_n)$ называется \bar{x}_i -компонентой исходной функции $f(X)$. Обозначим \bar{x}_i – компоненту как $\overline{f^{x_i}}$ (x_1, x_2, \dots, x_n). Соответственно функцию $f(x_1, x_2, \dots, x_{i-1}, 1, x_{i+1}, \dots, x_n)$ назовем x_i -компонентой $f(X)$ и обозначим ее

$$f^{x_i}(x_1, x_2, \dots, x_n).$$

Определение 2. Переменная x_i называется существенной для функции $f(X)$, если $\overline{f^{x_i}} \neq f^{x_i}$.

Если же $\overline{f^{x_i}} = f^{x_i}$ то переменная x_i называется фиктивной.

В графическом виде разложение исходной ПФ по ее переменным осуществляется следующим образом. Внутри каждого узла БДР записывается переменная, по которой производится разложение функции. Нижнее левое ребро каждого узла реализует \bar{x}_i -компоненту входной функции узла, а правое ребро – x_i -компоненту этой функции.

Определение 3. БДР функции $f(x)$ называется регулярной, если внутри каждого ряда узлы имеют одинаковые номера аргументов ПФ.

Ограничимся рассмотрением только регулярных БДР. Входными для узлов нижнего ряда являются значения функции $f(x)$ на соответствующих наборах переменных. Для неполностью 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 неопределены (табл. 1).

Таблица 1
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

БДР, построенное без процедур оптимизации и соответствующая данной матрице, приведено на рис. 1.

Используя данное бинарное дерево решений, получим:

$$f(x_1, x_2, x_3, x_4) = \bar{x}_1 \bar{x}_2 \vee x_1 x_2 \bar{x}_3 \vee x_1 x_2 x_3 \bar{x}_4. \quad (2)$$

Рассмотрим обучающую выборку в виде карты Карно представленной в табл. 2.

Таблица 2

Карта Карно

X ₁ X ₂	X ₃ X ₄			
	00	01	11	10
00	0	x	x	x
01	1	1	x	x
11	1	x	0	1
10	x	x	0	x

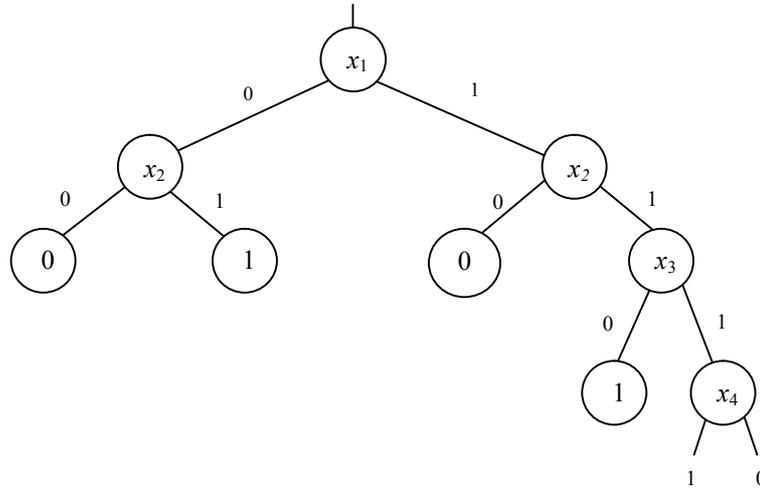


Рис. 1. БДР ПФ

Данное представление дает возможность получения минимальной формы представления. Доопределим наборы 1101 и 0110 единицами и получим:

$$f_{\min} = X_2 \bar{X}_3 \vee X_2 \bar{X}_4 = X_2 (\bar{X}_3 \vee \bar{X}_4) \quad (3)$$

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

На рис. 2 приведена БДР данной ПФ: входами нижнего яруса 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 — $\bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 x_4$. Крайний правый путь на БДР соответствует пятнадцатому набору ПФ $x_1 x_2 x_3 x_4$. 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:

Входная функция	0	x ₁	\bar{x}_1	1	a	b	c	d	x
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: $f_0 = x_2 (\bar{x}_1 \bar{x}_3 \vee x_1 \bar{x}_4)$.

Данная форма содержит 5 букв и не является минимальной. Доопределим теперь наборы таким образом, чтобы обеспечить максимально простую форму ПФ (рис. 2). Получим функцию $f_0 = x_2 (\bar{x}_1 \vee \bar{x}_4)$, которая содержит уже 3 буквы.

Очевидно, чем больше в БДР ПФ фиктивных переменных, тем проще конечный вид скобочной формы ПФ. Добиться увеличения фиктивных переменных в БДР можно двумя путями: оптимальным доопределением значений функции на неопределенных входных наборах и перестановкой переменных в рядах БДР.

Целесообразно иметь алгоритм перенаправленного перебора переменных в ярусах $x_2 (\bar{x}_1 \vee \bar{x}_4)$ БДР, чтобы исключить перебор всех возможных вариантов расположения переменных при решении данной задачи.

Введем количественную оценку оптимальности БДР с помощью понятия сходимости БДР.

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

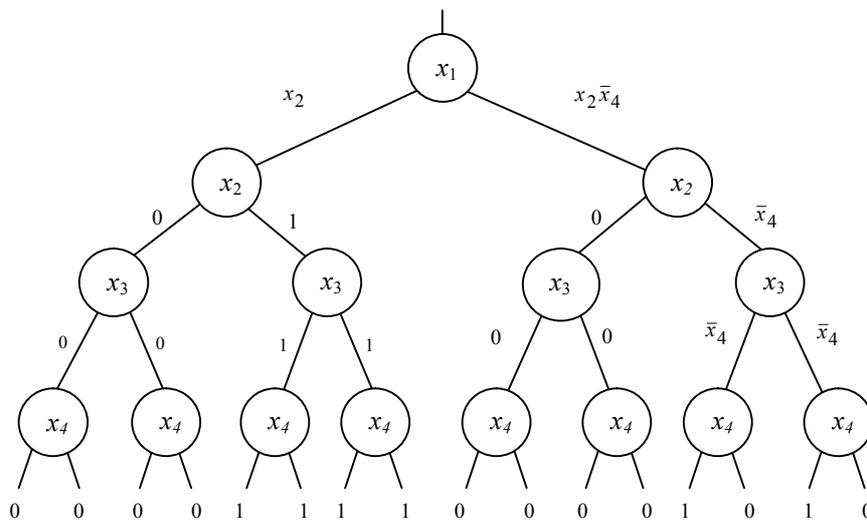


Рис. 2. Дерево решений

Определение 4. Сходностью БДР переключа- тельной функции n аргументов назовем следующую сумму:

$$S = \sum_{i=1}^n k_i \cdot 2^{i-1}, \quad (4)$$

где k_i , – число сходных узлов в i -м ярусе.

Сходными являются узлы, для которых обе входные функции одинаковы.

Если для i -го яруса выполняется условие $k_i = 2^{n-i}$, то переменная x_i фиктивна, так как все узлы i -го яруса сходны..

БДР на рис. 2 имеет сходность:

$$S = 6 \cdot 2^0 + 4 \cdot 2^1 = 14.$$

Для определения сходных узлов БДР использу- ем операцию сравнения возможных входных двоич- ных значений узла: 0, 1, x, y в соответствии с прави- лами, приведенными в табл. 4.

Таблица 4

Правила сравнения взаимно дополнительных ячеек

\sim	0	1	x	y
0	1	0	1	0
1	0	1	1	0
x	1	1	1	1
y	0	0	1	1

Рассмотрим алгоритм нахождения БДР с мак- симальной сходностью.

Для БДР ПФ четырех аргументов, приведенной на рис. 2, таблица Венна имеет вид, показанный в табл. 5. Ячейки таблицы Венна, двоичные номера наборов которых отличаются в одном разряде, соот- ветствующего переменной x_i назовем взаимно

дополнительными по x_i . 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:

$$k_i(x_i) = \sum_{j=1}^{2^{n-i}} z_j(i=1, \dots, n), \quad (5)$$

где z_j — результат сравнения взаимно дополнительных ячеек по x_j .

Для ПФ (табл. 5) получим БДР, представленную на рис. 3.

Таблица 5

Таблица Венна для БДР ПФ

x_1x_2	x_3x_4			
	00	01	10	11
00	0	x	x	x
01	1	1	x	x
10	x	x	x	0
11	1	x	1	0

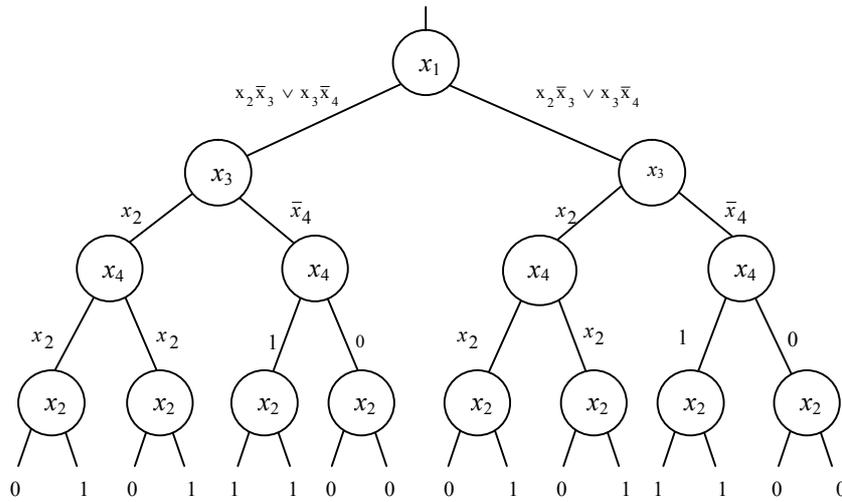


Рис. 3. БДР ПФ

Доопределим входные значения ПФ при выбранном распределении переменных по ярусам БДР.

Доопределение реализуется путем использования правила покоординатного пересечения булевых переменных [6].

После доопределения получаем полный вектор входных значений: 01 01 11 00 01 01 11 00, который используется для получения минимальной формы ПФ. Запишем для БДР, представленной на рисунке 3, дизъюнктивную форму ПФ четырех аргументов:

$$f = x_2\bar{x}_3 \vee x_3\bar{x}_4.$$

Выводы

Применение теории ПФ для оптимизации БДР позволяет минимизировать число атрибутов (диагностических признаков) за счет исключения несущественных атрибутов, которые не влияют на принятие решений при классификации состояний компьютерной системы.

Если все атрибуты дерева существенны и их число невозможно уменьшить, то минимизация

осуществляется путем оптимального расположения атрибутов дерева по его ярусам, что дает более простую форму ПФ и более простое дерево.

Оптимизированное дерево решений позволяет решать задачи классификации состояния объекта в системах диагностирования с меньшими временными и аппаратными затратами.

Литература

1. Krivoulya G. Fuzzy expert system for diagnosis of computer failures / G.Krivoulya, Z.Dudar, D.Kucherenko // Proceeding of the 10th International Conference CADSM'2009, Ukraine – 2009. – P. 225-230.
2. Кривуля Г.Ф., Кучеренко Д.Е. Интеллектуальные средства диагностирования состояний компьютерных систем управления / Г.Ф. кривуля, Д.Е. Кучеренко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорт. – 2009. – № 4. – С. 23-28.
3. Breiman L. Classification and Regression Trees / L. Breiman, J.H. Friedman, R.A. Olshen, C.T. Stone. – Wadsworth, Belmont, California, 1984.
4. Morris Rosenthal. Computer Repair with Diagnostic Flowcharts / Rosenthal Morris // Foner Books. – 2004. – P. 1-113.

5. Sung-Hyuk Cha. Genetic algorithm for constructing compact binary decision trees / Cha Sung-Hyuk, Tappert Charles // *Journal of pattern recognition research*. – 2009. – 1. – P. 1-13.

6. Кривуля Г.Ф. Минимизация неполностью определенных переключательных функций с помощью граф-схем / Г.Ф. Кривуля // *АСУ и приборы автоматизики*. – 1981. – № 57. – С. 87-96.

Поступила в редакцию 10.02.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф., проф. кафедры В.И. Хаханов, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

ОПТИМІЗАЦІЯ БІНАРНИХ ВИРІШАЛЬНИХ ДЕРЕВ ПРИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІЙ ДІАГНОСТИЦІ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

Г.Ф. Кривуля, А.А. Давидов

У статті розглядається оптимізація бінарних дерев рішень за рахунок зменшення розмірності дерева та визначення неістотних атрибутів (діагностичних ознак), які не впливають на процес вибору рішення про стан комп'ютерної системи. Оптимізоване дерево рішень дозволяє вирішувати завдання класифікації стану об'єкту в системах діагностування з меншими часовими і апаратними витратами.

Ключові слова: бінарні дерева рішень, мінімізація, діагностичні ознаки, комп'ютерні системи, двійкова функція, оптимізація.

OPTIMIZATION OF BINARY DECISION TREES OF THE INTELLECTUAL DIAGNOSTICS COMPUTER SYSTEMS

G.F. Krivoulya, A.A. Davidov

In given article are considered optimizations binary decision trees at the expense of diminishing of dimension of tree and determination of unimportant attributes (diagnostic signs) which do not influence on the process of decision-making about the state computer system. The optimized decision tree allows to decide the tasks of classification of the objects state in the diagnosis systems with less temporal and apparatus expenses.

Key words: binary decision trees, minimization, diagnostic signs, computer systems, switch function, optimization.

Кривуля Геннадий Федорович – д.т.н., професор, зав. кафедрой автоматизации проектирования вычислительной техники Харьковского национального университета радиоэлектроники, Харьков, Украина, e-mail: krivoulya@i.ua.

Давыдов Андрей Андреевич – аспирант кафедры АПВТ, Харьковского национального университета радиоэлектроники, Харьков, Украина, e-mail: AndreyHnure@yandex.ru.