

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

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

ISSN 1814-4225

РАДІОЕЛЕКТРОННІ
І
КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ

5 (46)

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

Скатков А.В., Воронин Д.Ю.

АДАПТИВНАЯ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЯ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ
С ВЕРСИОННО-МОДЕЛЬНОЙ ИЗБЫТОЧНОСТЬЮ 11

Стрюк О.Ю.

МЕТОД РОЗПОДІЛУ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ БАЗОВОЇ СТАНЦІЇ
РАДІОМЕРЕЖІ ДЛЯ МАКСИМІЗАЦІЇ ІНТЕГРАЛЬНОГО ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ВНУТРІШНЬОГРУПОВОГО СПРАВЕДЛИВОГО РІВНЯ СПРИЙНЯТТЯ
ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ 20

Соколов Ю.Н.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ
УГЛОВОЙ ОРИЕНТАЦИИ СПУТНИКА 29

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

ВЫБОР ВЕРНОЙ ВЕРСИИ В СИЛЬНОСВЯЗАННЫХ ВЕРСИОННЫХ
КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМАХ 36

Боярчук А.В., Поночовный Ю.Л., Харченко В.С.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ БАЗОВЫХ МОДЕЛЕЙ
ОТКАЗОУСТОЙЧИВЫХ WEB-СЕРВИСОВ 42

Інформаційна безпека

Потий А.В., Комин Д.С.

СИСТЕМНО-ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ
ОЦЕНИВАНИЯ ГАРАНТИЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ 50

Петренко О.Є., Фролов О.С.

ПОБУДОВА ЗАГАЛЬНОСИСТЕМНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ПОЛЯХ
ХАРАКТЕРИСТИКИ R ДЛЯ КРИПТОСИСТЕМ НА ЕЛІПТИЧНИХ КРИВИХ 57

Казимиров А.В., Олейников Р.В.

АЛГЕБРАИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СХЕМЫ РАЗВОРАЧИВАНИЯ КЛЮЧЕЙ
БЛОЧНОГО СИММЕТРИЧНОГО ШИФРА «КАЛИНА» 61

Горбенко І.Д., Бойко А.О., Герцог А.М.

СТАН СТВОРЕННЯ ТА НАПРЯМИ ДОСЛІДЖЕНЬ І РОЗРОБОК ЗІ СТВОРЕННЯ
ПЕРСПЕКТИВНИХ СТАНДАРТИВ ГЕШУВАННЯ 67

Одарич Я.В., Наливайчук Е.Ю., Наливайчук Н.В.

ВЫЧИСЛЕНИЯ В НЕКАНОНИЧЕСКИХ ГИПЕРКОМПЛЕКСНЫХ
ЧИСЛОВЫХ СИСТЕМАХ 75

Долгов В.И., Лисицкая И.В., Лисицкий К.Е.

СЛУЧАЙНЫЕ ПОДСТАНОВКИ В КРИПТОГРАФИИ 79

Савенко О.С., Лисенко С.М.

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ
ТРОЯНСЬКИХ ПРОГРАМ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ 86

Модель-орієнтовані технології розробки та верифікації*Павловский В.И., Зинченко А.Л.*ПРОБЛЕМЫ ОБЪЕКТНОГО ПОДХОДА К МОДЕЛИРОВАНИЮ
И ПРОТОТИПИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ..... 94*Толстолужский Д.А.*АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЕРИФИКАЦИИ ВРЕМЕННЫХ МУЛЬТИПАРАЛЛЕЛЬНЫХ
АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ..... 99*Шостак И.В., Бутенко Ю.И., Шостак Е.И.*ЗНАНИЕ-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ НОРМАТИВНЫХ
ПРОФИЛЕЙ К СИСТЕМАМ КРИТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ
НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИЙ..... 104*Дидук К.С., Кузнецова Ю.А.*ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ
ИСПЫТАНИЯМИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ 109**Надійність технічних засобів***Николаенко Д.В.*ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭВРИСТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА
ОПТИМИЗАЦИИ РАЗМЕЩЕНИЯ ДАННЫХ В КОМПОЗИЦИОННЫХ
МИКРОПРОГРАММНЫХ УСТРОЙСТВАХ УПРАВЛЕНИЯ
С РАЗДЕЛЕНИЕМ КОДОВ И КЭШ-ПАМЯТЬЮ МИКРОКОМАНД..... 116*Борисенко А.А., Петров В.В., Гапич В.Н.*

МАТРИЧНЫЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВЫЕ ДЕЛИТЕЛИ ЧАСТОТЫ 120

*Баркалов А.А., Зеленёва И.Я., Лаврик А.С.*УМЕНЬШЕНИЕ АППАРАТУРНЫХ ЗАТРАТ В СХЕМЕ АДРЕСАЦИИ
МИКРОКОМАНД УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ С РАЗДЕЛЕНИЕМ КОДОВ 124*Щербакова Г.Ю.*ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ С ПОМОЩЬЮ
АДАПТИВНОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ..... 129**Надійність програмного забезпечення***Поляков Г.А., Толстолужская Е.Г.*МЕТОД СИНТЕЗА ВРЕМЕННЫХ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ
ДЛЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ КЛАССА MPP 135*Любченко В.В.*

ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОННИХ НАВЧАЛЬНИХ КУРСІВ 140

*Кулик А.С., Анценбергер П., Чухрай А.Г., Калиниченко В.В.*ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОМУ
КОМПЬЮТЕРНОМУ ОБУЧЕНИЮ SQL 144*Дубницкий В.Ю., Кобылин А.М., Кобылин О.А.*ОБРАТНАЯ ПОЛЬСКАЯ ЗАПИСЬ АЛГОРИТМА КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ
НАДЕЖНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
БИЗНЕС-КРИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ..... 151

<i>Мищенко В.О.</i> КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СХЕМ ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ	158
Відмовостійкі системи	
<i>Мартыненко С.О., Краснобаев В.А.</i> МЕТОД ВОЗВЕДЕНИЯ ЧИСЕЛ В КВАДРАТ ПО МОДУЛЮ М МОДУЛЯРНОЙ СИСТЕМЫ СЧИСЛЕНИЯ.....	165
<i>Малиновский М.Л.</i> СИНТЕЗ ЦИФРОВЫХ АВТОМАТОВ С НЕСИММЕТРИЧНЫМИ ОТКАЗАМИ.....	172
<i>Каравай М.Ф., Подлазов В.С.</i> К ВОПРОСУ ПОСТРОЕНИЯ РАСШИРЕННОГО ПОЛНОГО КОММУТАТОРА – ИДЕАЛЬНОЙ СИСТЕМНОЙ СЕТИ.....	180
<i>Романкевич В.А., Ефремова А.А., Гаврилюк А.С.</i> ОБ ОДНОМ АЛГОРИТМЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ GL-МОДЕЛЕЙ.....	186
Системи контролю та діагностування	
<i>Альмади М.К., Моамар Д.Н., Рябцев В.Г.</i> МЕТОД И СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЗАПОМИНАЮЩИХ УСТРОЙСТВ.....	192
<i>Гонтовой С.В., Емельянов В.А.</i> АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МЕТАЛЛОВ	197
<i>Долгов Ю.А.</i> ИНФОРМАЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	203
<i>Хаханов В.И., Щерба О.В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ.....	208
<i>Твердохлебов В.А.</i> ДИАГНОСТИРОВАНИЕ БОЛЬШИХ НЕОДНОРОДНЫХ СИСТЕМ РАСШИРЕННЫМИ СРЕДСТВАМИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ	214
<i>Епифанов А.С.</i> АНАЛИЗ ОПЕРАЦИЙ СОВМЕЩЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ОБРАЗОВ ЗАКОНОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АВТОМАТОВ	219
<i>Кочан Р.В.</i> СПОСІБ ПОВІРКИ АНАЛОГО-ЦИФРОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ З НЕПЕРЕРВНОЮ ФУНКЦІЄЮ ПОХИБКИ.....	224
<i>Гроль В.В., Романкевич В.А., Потапова Е.Р., Мораведж Сейед Милад</i> СТРУКТУРНЫЙ МЕТОД ГЕНЕРАЦИИ ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ СПЕЦИАЛЬНОГО ВИДА	230
Системи програмованої логіки	
<i>Скляр В.В., Харченко В.С., Панарин А.С., Сандер И.</i> ПРИМЕНЕНИЕ КОНЦЕПЦИИ MODEL-BASED TESTING ДЛЯ ВЕРИФИКАЦИИ СИСТЕМ НА БАЗЕ IP-ЯДЕР.....	237

<i>Тарасенко В.П., Тесленко О.К., Роговенко А.І.</i> МЕТОД ГРУПОВОГО ПЕРЕНЕСЕННЯ СУМАТОРА ЗА ЗМІННИМ МОДУЛЕМ.....	242
<i>Тюрин С.Ф., Громов О.А.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТКАЗОВ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ПОЛНОГО ТОЛЕРАНТНОГО ЭЛЕМЕНТА НА ОСНОВЕ КМОП ТРАНЗИСТОРОВ	247
<i>Опанасенко В.М., Лісовий О.М.</i> ДВА ПІДХОДИ ДО ФОРМАЛІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ПРОЕКТУВАННЯ ПРОБЛЕМНО- ОРІЄНТОВАНИХ ПРИСТРОЇВ	251
<i>Грица Р.В.</i> КОНФІГУРОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ДЛЯ МАЛИХ СУПУТНИКІВ.....	258
<i>Чумаченко С.В., Литвинова Е.И., Хаханова А.В., Василенко В.А.</i> ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОТСПОСОБНОСТИ СИСТЕМЫ НА КРИСТАЛЛЕ	262
Телекомунікаційні системи та радіоелектронні пристрої	
<i>Рвачёва Н.В.</i> АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ДОСТАВКИ ИНФОРМАЦИОННОГО СООБЩЕНИЯ В БЕСПРОВОДНОЙ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ.....	270
<i>Степаненко Ю.Г., Лисечко В.П.</i> МЕТОД БОРЬБЫ ИЗ ВНУТРИШНЬОСИСТЕМНЫМИ ЗАДАЧАМИ В СИСТЕМАХ ЗВ'ЯЗКУ З КОДОВИМ РОЗДІЛЕННЯМ КАНАЛІВ.....	277
<i>Радивилова Т.А., Кириченко Л.О., Карпухин А.В., Борисов А.В., Кайали Э.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ОКНА ПЕРЕГРУЗКИ TSP ПРОТОКОЛА.....	281
<i>Серков О.А., Харченко В.С., Чурюмов Г.І.</i> ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНОЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ	287
Функціональна безпека та живучість	
<i>Дженюк Н.В.</i> ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЖИВУЧОСТІ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ КРИТИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	292
<i>Шмелева Т.Ф., Сикирда Ю.В.</i> ФОРМАЛИЗАЦИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА-ОПЕРАТОРА АВИАЦИОННОЙ ЭРГАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ВО ВНЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЯХ	296
<i>Ізвалов О.В., Неділько В.М., Неділько С.М.</i> АЛГОРИТМ ОБРОБКИ ДАНИХ ПОВІТРЯНОЇ ЗОНИ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ МОЖЛИВІСТЬ АВТОМАТИЧНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ НАВЧАЛЬНИХ ВПРАВ.....	301
АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК.....	305

CONTENTS

Dependability of service-oriented systems

Skatkov A.V., Voronin D.Y.

ADAPTIVE SCHEDULING IN DISTRIBUTED SYSTEMS WITH VERSION-MODEL REDUNDANCY	11
---	----

Striyuk O.J.

INTRA-GROUP FAIR AND INTER-GROUP PERCEIVED QUALITY OF SERVICE MAXIMIZATION BANDWIDTH ALLOCATION IN THE RADIO NETWORK BASE STATION COVERAGE AREA	20
---	----

Sokolov Y.N.

COMPUTER MODELLING OF THE SATELLITE ANGULAR OPTIMAL ORIENTATION SYSTEM.....	29
--	----

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

CHOICE OF THE TRUE VERSION IN STRONGLY CONNECTED VERSION COMPUTER SYSTEMS	36
--	----

Boyarchuk A.V., Ponochovniy Yu.L., Kharchenko V.S.

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF BASIC MODELS OF FAULT-TOLERANT WEB-SERVICES	42
--	----

Information security

Potij A.V., Komin D.S.

SYSTEM-ONTOLOGICAL ANALYSIS OF SUBJECT FIELD OF ASSURANCE EVALUATION INFORMATION SECURITY.....	50
---	----

Petrenko O.E., Frolov O.S.

CONSTRUCTION OF PARAMETERS IN THE FIELDS OF CHARACTERISTIC P FOR CRYPTOSYSTEMS ON THE ELLIPTIC CURVES	57
--	----

Kazimirov O.V., Oliynykov R.V.

ALGEBRAIC PROPERTIES OF SYMMETRIC BLOCK CIPHER "KALYNA" KEY SCHEDULE.....	61
--	----

Gorbenko I.D., Boyko A.O., Gertsog A.M.

STATE-OF-ART AND RESEARCHES ON PERSPECTIVE HASHING STANDARD DEVELOPMENT	67
--	----

Odarych I.V., Nalivaichuk O.J., Nalivaichuk N.V.

COMPUTATION IN NONCANONICAL HYPERCOMPLEX NUMBER SYSTEMS.....	75
---	----

Dolgov V.I., Lysytskaya I.V., Lysytskiy K.E.

RANDOM SUBSTITUTIONS IN THE CRYPTOGRAPHY	79
--	----

Savenko O.S., Lysenko S.M.

THE INFORMATION TECHNOLOGY OF THE INTELLIGENT DIAGNOSIS OF THE TROJAN PRO-GRAMS OF COMPUTER SYSTEMS.....	86
---	----

Model-based technologies of development and verification

Pavlovsky V.I., Zinchenko A.L.

PROBLEMS OF THE OBJECTIVE APPROACH TO MODELING
AND PROTOTYPING OF INFORMATION SYSTEMS 94

Tolstoluzky D.A.

AUTOMATION OF VERIFICATION OF TEMPORAL MULTIPARALLEL
HARDWARE/SOFTWARE FACILITIES 99

Shostak I.V., Butenko I.I., Shostak E.I.

KNOWLEDGE ORIENTED METHODS OF NORMATIVE PROFILE FORMING
TO THE CRITICAL SYSTEMS BASED ON ONTOLOGY 104

Diduk K.S., Kuznetsova Yu.A.

VISUALIZATION OF AUTOMATIC CONTROL PROCESSES
OF TESTING SATELLITE POWER SUPPLY SYSTEMS 109

Hardware reliability

Nikolaenko D.V.

RESEARCH OF EFFICIENCY OF HEURISTIC ALGORITHM OF OPTIMIZATION
OF ALLOCATION OF DATA IN COMPOSITIONAL MICROPROGRAM
CONTROL UNITS WITH DIVISION OF CODES AND CACHE
MEMORY OF MICROCOMMANDS 116

Borusenko A.A., Petrov V.V., Gapych V.N.

MATRIX NOISELESS FREQUENCY DIVIDERS 120

Barcalov A.A., Zelenyova I.Y., Lavrik A.S.

REDUCTION OF ADDRESSING CIRCUIT HARDWARE AMMOUNT FOR CONTROL
UNIT WITH CODE SHARING 124

Shcherbakova G.Yu.

PARAMETERS PREDICTION IN THE BASE ADAPTIVE CLUSTERING 129

Software reliability

Polyakov G.A., Tolstolughskaya H.G.

METHOD OF SYNTHESIS OF TEMPORAL PARALLEL PROGRAMS
FOR COMPUTER SYSTEMS OF MPP CLASS 135

Liubchenko V.V.

QUALITY DIAGNOSTIC TOOLS FOR ELECTRONIC COURSES 140

Kulik A.S., Anzenberger P., Chukhray A.G., Kalinichenko V.V.

ABOUT ONE APPROACH TO INTELLIGENT COMPUTER TUTORING OF SQL 144

Dubnitsky V.Yu., Kobylin A.M., Kobylin O.A.

REVERSE POLISH ALGORythm RECORD AS A MEANS FOR INCREASING
RELIABILITY OF BUSINESS CRITICAL SYSTEMS SOFTWARE 151

Mishchenko V.O.

COMPUTER MODELING OF SOFTWARE SYSTEM
SCHEMES CHARACTERISTICS 158

Fault-tolerant systems

Martynenko S.O., Krasnobayev V.A.
METHOD OF NUMBERS SQUARED ON MODULE
OF M MODULAR NUMBER SYSTEMS..... 165

Malynovskiy M.L.
FINITE STATE MACHINES WITH ASYMMETRICAL FAILURES SYNTHESIS 172

Karavay M.F., Podlazov V.S.
TO THE QUESTION OF CONSTRUCTING THE FULL EXPANDED
SWITCHBOARD – IDEAL SYSTEM NETWORK..... 180

Romankevich V.A., Efremova A.A., Gavriluk A.S.
THE TRANSFORMATION ALGORITM OF THE GL-MODELS 186

Systems of diagnostics and checking

Al Madi M.K., Moamar D.N., Ryabtsev V.G.
METHOD AND MEANS OF MEMORY DIAGNOSIS EFFICIENCY IMPROVING 192

Gontovoi S.V., Yemelyanov V.A.
AUTOMATED COMPUTER SYSTEM OF METALLOGRAPHIC CHECKING
OF METALS QUALITY 197

Dolgov Y.A.
INFORMATION POSSIBILITIES OF STATISTICAL MODELLING 203

Hahanov V.I., Scherba O.V.
ARTIFICIAL NEURAL NETWORK APLICATION FOR FAULT DIGNOSIS
OF DIGITAL SYSTEMS..... 208

Tverdokhlebov V.A.
DIAGNOSING OF COMPLEX NONUNIFORM SYSTEMS
BY EXPANDED DIAGNOSING TOOLS 214

Epifanov A.S.
THE ANALYSIS OF OPERATIONS OF OVERLAPPING OF GEOMETRICAL
IMAGES OF LAWS FUNCTIONING OF STATE MACHINES..... 219

Kochan R.V.
METHOD OF METROLOGY TESTING THE ANALOG TO DIGITAL CONVERTER
WITH CONTINUOUS FUNCTION OF ERROR..... 224

Grol V.V., Romankevich V.A., Potapova E.R., Moravej Seyed Milad
STRUCTURAL METHOD OF SPECIAL TYPE PSEUDORANDOM
SEQUENCES GENERATION..... 230

Dependability of PLD-based systems

Sklyar V.V., Kharchenko V.S., Panarin A.S., Sander I.
APPLICATION OF MODEL-BASED TESTING CONCEPT
FOR VERIFICATION OF IP-CORE BASED SYSTEMS..... 237

Tarassenko V.P., Teslenko A.K., Rogovenko A.I.
BLOCK CARRY CHAIN METHOD OF CONGRUENCE ADDERS
WITH VARIABLE MODULE..... 242

<i>Tyurin S.F., Gromov O.A.</i> MODELLING OF FAILURES IS FUNCTIONAL-FULL TOLERANT ELEMENT ON THE BASIS OF CMOS TRANSISTORS.....	247
<i>Opanasenko V.M., Lisovyi O.M.</i> TWO METHODS OF FORMALIZATION OF TASK-ORIENTED DEVICES DESIGN PROCESS.....	251
<i>Hrytsa R.V.</i> CONFIGURABLE CONTROL SYSTEM FOR SMALL SATELLITES	258
<i>Chumachenko S.V., Litvinova E.I., Hahanova A.V., Vasilenko V.A.</i> TECHNOLOGY FOR REPAIRING OF SYSTEM-ON-CHIP	262
Telecommunication systems and radio-electronic units	
<i>Rvachova N.V.</i> MATHEMATICAL MODEL OF DATA DELIVERY ON WIRELESS TELECOMMUNICATION NETWORK.....	270
<i>Stepanenko Y.G., Lysechko V.P.</i> METHOD OF STRUGGLE AGAINST INTERSYSTEM HINDRANCES IN COMMUNICATION SYSTEMS WITH CODE DIVISION OF CHANNELS.....	277
<i>Radivilova T.A., Kirichenko L.O., Karpukhin O.V., Borisov O.V., Kayali E.</i> INVESTIGATION OF NONLINEAR DYNAMICS TCP PROTOCOL'S CONGESTION WINDOW	281
<i>Serkov A.A., Kharchenko V.S., Churyumov G.I.</i> PRINCIPLES OF THE BUILDING OF THE INTELLECTUAL FIBER-OPTIC NETWORK.....	287
Functional safety and survivability	
<i>Dzhenuk N.V.</i> DETERMINING SURVIVABILITY OF TECHNICAL SYSTEMS FOR CRITICAL APPLICATIONS	292
<i>Shmelova T.F., Sikirda Y.V.</i> FORMALIZATION OF THE AVIATION HUMAN-MACHINE SYSTEM'S OPERATOR ACTIVITY IN EMERGENCY SITUATIONS	296
<i>Izvalov A.V., Nedelko V.N., Nedelko S.N.</i> ALGORITHM OF AIR TRAFFIC ZONE DATA PROCESSING THAT ENABLES AUTOMATIC DESIGN OF STUDYING EXERCISES.....	301
INDEX	306

УДК 658.562.012.7: 519.248

Ю.А. ДОЛГОВ

*Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко,
Тирасполь, Молдова*

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Предложен метод значительного сокращения объема выборки при нахождении статистической модели сложного объекта контроля. На основе знания его внутренней структуры строится граф, по которому находится матрица инцидентий. Специальная обработка этой матрицы приводит к декомпозиции объекта контроля на составные части. Модели этих частей требуют значительно меньших объемов выборок, которые затем объединяются в общую модель. Графоаналитическое исследование модели помогает уточнять режимы технологических операций. В статье также предложен метод оценки информационной емкости полученной модели.

Ключевые слова: объект контроля, статистическая модель, граф, матрица инцидентий, декомпозиция, информационная емкость модели.

Введение

При создании автоматизированных систем управления технологическими процессами (ТП) приходится одновременно решать несколько технических задач, среди которых одно из центральных мест занимает задача сбора и статистической обработки измерительной информации о ходе конкретного ТП с целью получения его математического описания в виде модели. Математическую модель используют также для выделения наиболее информативных параметров, по которым можно построить рациональную систему контроля, так как необоснованно большое количество измеряемых параметров приводит к резкому увеличению трудоемкости контрольно-измерительных операций (например, при производстве микросхем до 30 – 50% общей трудоемкости [1]). Задача сводится к созданию методики, позволяющей находить полноценные математические модели ТП (или других объектов) в кратчайшие сроки с минимумом исходной информации.

1. Информационный подход к моделированию технологического процесса

Обычно предлагается исследуемый объект контроля (ОК) рассматривать как функциональный преобразователь типа «черный ящик», что при проведении многофакторных экспериментов для получения модели ОК требует большого числа опытов.

Однако такой ОК, как ТП производства ИМС, априори представляет собой систему взаимодейст-

вующих и взаимосвязанных операций. Подобные структурные особенности ОК являются своего рода ограничениями, уменьшают неопределенность исходной модели, то есть несут добавочную информацию [2]. Для оценки количества этой информации, а, следовательно, и реального выигрыша, который можно от неё получить, наиболее перспективным направлением является использование энтропийной меры [3].

Энтропийная мера $H = \log_2 N_\varepsilon$ по своему смыслу представляет максимальное количество информации, которое может содержаться в случайной величине $x \in X$, определяющей состояние ОК. Этот максимум достигается, когда все состояния x , отличающиеся друг от друга на величину порога различимости ε , равновозможны (общее число таких состояний N_ε), то есть $H(x)$ совпадает с энтропией по Хартли. Энтропия системы H определяет число экспериментов для снятия неопределенности системы. При двухуровневой вариации факторов (опыты полного факторного эксперимента) общее число экспериментов равно $N_\varepsilon = 2^H$. Следовательно, величина

$$2^{H_{\text{чя}}} - 2^{H_{\text{сист}}} = 2^I \quad (1)$$

показывает, во сколько раз уменьшается количество экспериментов при идентификации параметров ОК с известной структурой ($H_{\text{сист}}$) по сравнению с функциональным преобразователем типа «черный ящик» ($H_{\text{чя}}$), и является основной числовой характеристикой, определяющей стратегию моделирования. Покажем это на производственном примере.

Задача: Произвести декомпозицию ТП производства кристаллов интегральных микросхем типа ТТЛШ для выходных параметров: напряжение логического нуля $U(0)$ и напряжение логической единицы $U(1)$ [4].

Процесс формирования выделенных ВПК $U(0)$, $U(1)$ можно представить в виде 4-ступенчатой иерархии, показанной на рис. 1.

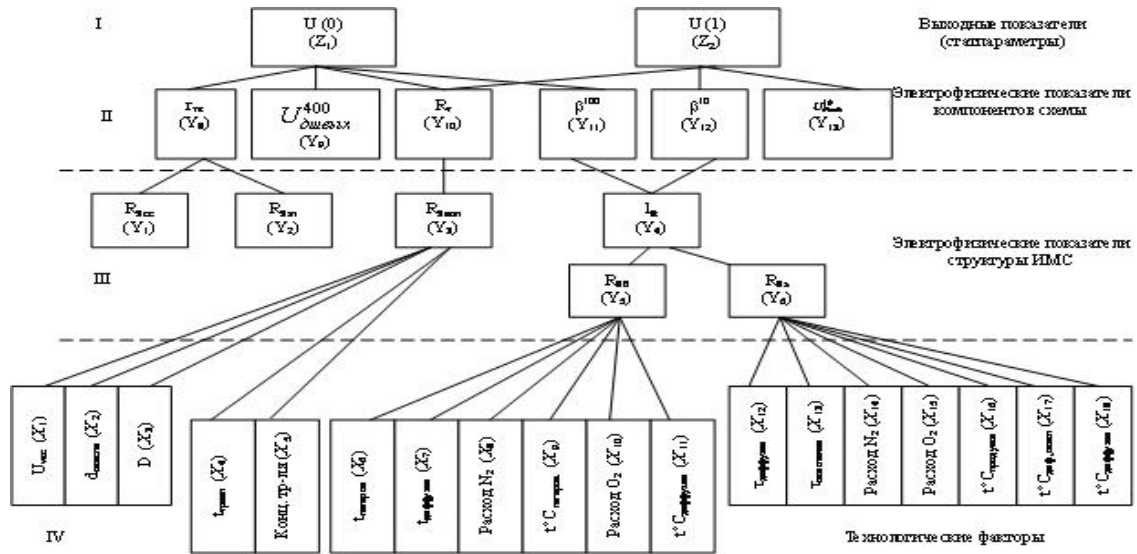


Рис. 1 . Схема формирования напряжения логического нуля и логической единицы

В приведенной схеме указанные связи интерпретируются с точки зрения зависимости значений одних параметров от других. Эту структуру удобнее всего описывать в терминах теории графов. Если представить граф как множество корневых (конечных) вершин $Z_1 (l = \overline{1, m})$ (это могут быть выходные показатели качества ОК), множество промежуточных величин $Y_j (j = \overline{1, k})$ (выходные параметры технологических операций) и множество инцидентных вершин $X_i (i = \overline{1, n})$ (режимы операций), которые соединены рёбрами там, где между ними имеется связь, то можно сформировать матрицу инцидентий (табл. 1).

В этой матрице число 2 (число уровней варьирования каждого фактора) ставится на пересечение тех строк и столбцов, которые имеют связь согласно графу ОК, и 0 там, где такая связь отсутствует. Матрица позволяет получить правильную декомпозицию ОК на части, модели которых искать много проще, чем глобальную модель ОК. Для этого достаточно выписать в качестве целевых функций заголовки столбцов, а в качестве факторов – соответствующие ненулевые элементы строк:

$$H_{\text{чя}} = \log_2 \sum_{l=1}^m 2^n \text{ или } H_{\text{чя}} = n + \log_2 m ; \quad (2)$$

$$H_{\text{сист}} = \log_2 \sum_{f=1}^{k+m} N_p \cdot 2^{N_f} , \quad (3)$$

где $f = \overline{1, k+m}$ – нумерация столбцов матрицы; $p = f - m = \overline{1 - m, k}$ – нумерация части строк матрицы, из которых, из которых первые m введены формально и не соответствуют никаким реальным строкам; N_f – число ненулевых элементов в f -м столбце; N_p – равен либо 1 при $p \leq 0$, либо числу ненулевых элементов в p -й строке.

Таблица 1

Матрица инцидентий графа

	Z ₁	Z ₂	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Y ₆	Y ₇	Y ₈	Y ₉	Y ₁₀	Y ₁₁	Y ₁₂	Y ₁₃
Y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Y ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Y ₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Y ₄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
Y ₅	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Y ₆	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Y ₇	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Y ₈	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Y ₉	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Y ₁₀	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Y ₁₁	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Y ₁₂	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Y ₁₃	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₁	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₂	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₃	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₄	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₅	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₆	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₇	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₈	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₉	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₁₀	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₁₁	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₁₂	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₁₃	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
X ₁₄	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
X ₁₅	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
X ₁₆	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
X ₁₇	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
X ₁₈	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0

Анализ матрицы инцидентий показал, что величины выходных показателей качества определяются следующими частными моделями:

$$U(0) = f(Y_8, Y_9, Y_{10}, Y_{11});$$

$$U(1) = f(Y_{10}, Y_{12}, Y_{13}),$$

причём параметры, являющиеся управляемыми факторами, в свою очередь, могут находиться на основе других частных моделей $Y_8 = f(Y_1, Y_2)$; $Y_{10} = f(Y_3, Y_4)$ и т.д. Каждая из моделей может быть получена сравнительно небольшим количеством опытов, в то время как нахождение прямых зависимостей требует значительных усилий.

Для нашего конкретного примера $N_{\text{чя}} = 19$ бит, а величина энтропии системы по выражению (3) и табл. 1 равна $N_{\text{сист}} = \log_2 274 = 8,10$ бит. Суммарный выигрыш от структурирования ТП или, другими словами, разбиения общей модели на частные, составляет 10,9 бит. При этом количество экспериментов, необходимых для получения математической модели объекта, сокращается в $2^{10,9} = 1910$ раз по сравнению с традиционным представлением.

Отметим, что в случаях, когда математическая модель – связь между выходными параметрами Y и факторами технологического процесса X – уже известна, то рекомендуется использовать именно информационный подход к оценке параметров подсистем, суть которого сводится к оценке количества информации от Y , полученной путем измерения X .

2. Графоаналитическое исследование моделей

Для более полного понимания всех особенностей полученных математических моделей и для удобства работы с ними в условиях реального производства полезно произвести их графоаналитическое исследование. Известно, какими сложными конфигурациями могут обернуться рабочие области при, казалось бы, простых ограничениях влияющих факторов. Однако проекция n -мерной фигуры на плоскость вызывает определенные трудности, которые можно смягчить числовым анализом модели. Покажем весь метод на примере модели $U(0)$ [4].

$$\hat{U}(0) = 419,7 - 0,55U_{\text{дш}} + 5,365R_{\text{кр}} + 1,970R_{\text{S}_3} + 1,394R_{\text{S}_{\text{cc}}} + 0,020\beta. \quad (4)$$

В модель, полученную методом МНКО, входит пять факторов, коэффициенты при которых не являются весовыми коэффициентами. Поэтому для оценки влияния каждого фактора на выходную величину $U(0)$ необходимо подставить в модель граничные значения нормы этих факторов и оценить

максимальное изменение $U(0)$ от этого.

Из таблицы ясно, что наиболее влияющими на выходную величину $U(0)$ являются $U_{\text{дш}}$, $R_{\text{S}_{\text{cc}}}$ и $R_{\text{кр}}$, факторы R_{S_3} и β на первом этапе исследования можно не принимать во внимание ввиду их слабого влияния на $U(0)$.

Таблица 2
Оценка влияния каждого фактора на выходную величину модели

Параметр	Ед. изм.	Границы нормы		Максимальное изменение $U(0)$
		нижняя	верхняя	
$U(0)$	мВ	220	300	–
$U_{\text{дш}}$	мВ	560	640	на 44 мВ
$R_{\text{кр}}$	кОм	18	24	на 32 мВ
R_{S_3}	Ом/кВ	6	12	на 12 мВ
$R_{\text{S}_{\text{cc}}}$	кОм/кВ	20	45	на 35 мВ
β	–	50	250	на 4 мВ

Построим рабочую область допустимых значений всех параметров модели (4), которая изображена на рис. 2.

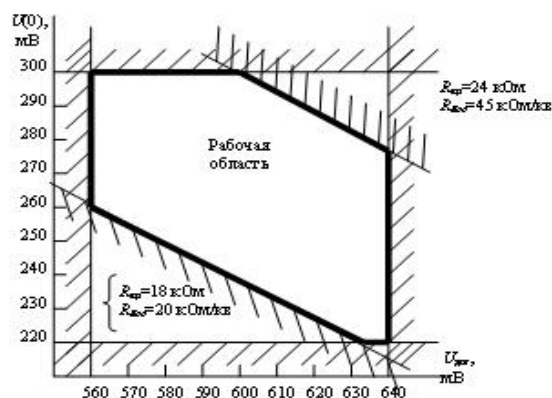


Рис. 2. Допустимая рабочая область

Анализируя уравнение (4) и рабочую область, можно сделать следующие выводы:

а) основным влияющим параметром является $U_{\text{дш}}$, причем с его увеличением $U(0)$ уменьшается. Поэтому желательно изготавливать кристаллы с более высоким значением напряжения $U_{\text{дш}}$.

б) для удобства практической работы представим уравнение (4) в виде номограммы на рисунке 3.

По ней можно решать прямую задачу – прогнозирование значений $U(0)$ в зависимости от конкретных сочетаний параметров, входящих в (4), и обратную задачу – определять нужные сочетания параметров для получения заданных значений $U(0)$. Естественно, что можно построить аналогичные номограммы и с учетом крайних значений других влияющих факторов.

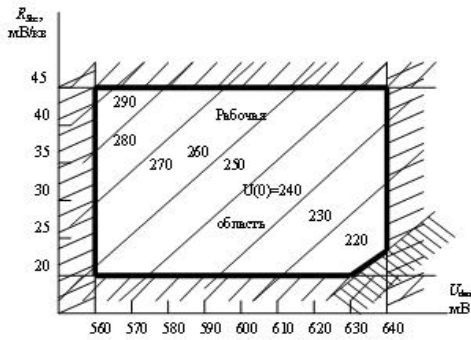


Рис. 3. Номограмма допустимых значений параметров

3. Оценка информационной емкости

Предлагается о качестве модели судить по количеству информации, которое она может дать, то есть по *информационной емкости*.

Представим исследуемый объект контроля в виде двух систем: системы факторов X и системы выходных показателей качества Y . Энтропии их равны $H(X)$ и $H(Y)$, а энтропия объединенной системы будет максимальна и равна $H(X, Y) = H(X) + H(Y)$. После получения сведений о характере взаимодействия обеих систем X и Y в виде математической модели $\hat{Y} = f(X)$, «остаточная» энтропия и есть информация

$$I_{\hat{Y} \rightarrow X} = H(Y) - H(\hat{Y}/X), \quad (5)$$

где $H(\hat{Y}/X)$ – условная энтропия модели системы \hat{Y} относительно X .

Это означает, что количество информации, получаемое за счёт знания характеристик взаимодействия (математических моделей) систем Y и X равно разности энтропии системы, состояние которой описывается случайной величиной Y (ее можно представить в виде гистограммы опытных данных), и условной энтропии модели системы \hat{Y} при условии, что каждый k -й эффект $k = \overline{1, m}$ включенный в модель, находится в i -м состоянии $i = \overline{1, l_i}$.

Величина $H(Y)$ рассчитывается по известной формуле на основе результатов измерений [5]

$$H(Y) = - \sum_{j=1}^n p(Y_j) \log_2 p(Y_j), \quad (6)$$

где $p(Y_j)$ – вероятность нахождения случайной величины Y в j -м состоянии. Тогда

$$I_{\hat{Y} \rightarrow X} = - \sum_{j=1}^n \frac{N_j}{N} \log_2 \frac{N_j}{N} + \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^n \frac{t_k}{\sum_{k=1}^m t_k} \cdot \frac{N_{ki}}{N} \cdot \frac{N_{kij}}{N_{ki}} \cdot \log_2 \frac{N_{kij}}{N_{ki}}. \quad (7)$$

Для расчета первого слагаемого в уравнении (7) воспользуемся гистограммой распределения $U(0)$ на рис. 4, на которой указано количество попаданий случайной величины N_j в соответствующий разряд. Вероятность $p(Y_j)$ в пределе определяется частотой, т.е. отношением N_j к общему количеству измерений $N = 171$. Подставив полученные значения в первое слагаемое выражения (7) получим $H(Y) = 4,23$ бит.

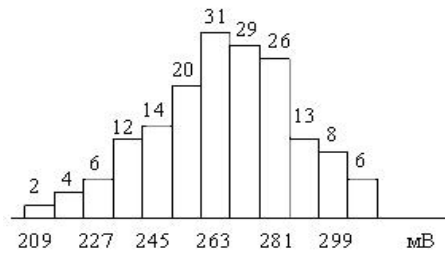


Рис. 4. Гистограмма распределения опытных значений $U(0)$

Для расчета второго слагаемого в (7) были построены двумерные распределения \hat{Y}_k в виде \hat{Y}_{kj} по модели (4) с каждым фактором X_k входящим в эту модель. Удобнее всего это делать с помощью серии промежуточных таблиц двумерного распределения, одна из которых для $X_1 = U_{дш}$ [мВ] построена для наглядности в табл. 3.

Таблица 3

Оценка двумерного распределения модели \hat{Y} от $U_{дш}$

$U_{дш}$ [мВ]	$\hat{Y}, [мВ]$									N_i
	21 5	22 5	235	24 5	25 5	26 5	27 5	28 5	29 5	
565								4	2	6
575							3	4	1	8
585					1	2	8	2	2	15
595					3	7	8	5	1	24
605				3	13	16	8	3		43
615				8	9	11	4			32
625			2	7	6	2				17
635		1	4	6	2					13
645	1	2	4	2	1					10
655	2	1								3
N_j	3	4	10	26	35	38	31	18	6	171

Аналогично строятся двумерные таблицы для остальных факторов, входящих в модель.

Результаты расчётов сведены в табл. 4, где величина $q_k = t_k / \sum_{k=1}^m t_k$ играет роль веса k -го фактора в модели, а t_k – критерий Стьюдента. Затем по формуле (7) находим выигрыш в информации, который составил $\approx 45\%$ по отношению к исходному распределению. Это почти вдвое больше той информации, которую мы могли бы получить при классическом подходе к объекту исследования как к

«черному ящику», n/t без урахування знання його внутрішньої структури, да при цьому затратили бй гораздо больше усилий (число експериментальных данных возросло бй в 1910 раз).

Таблица 4

Расчёт условной энтропии модели $U(0)$

№	Параметр	t_k	q_k	$H(\hat{Y}/Z_k)$	$q_k H(\hat{Y}/Z_k)$
1	$U_{дшкр}$	134,70	0,456	2,409	1,098
2	$R_{кр}$	47,70	0,120	2,508	0,301
3	R_{S_3}	26,11	0,089	2,731	0,240
4	$R_{S_{cc}}$	82,01	0,239	2,679	0,642
5	β	5,164	0,017	2,841	0,048
Σ	–	295,384	1,0	–	2,329

Заключение

В статье рассмотрен вопрос и предложена методика существенного (в десятки и сотни раз) сокращения трудоемкости при получении математической модели сложного объекта контроля по пассивным данным, то есть по результатам промежуточных контрольных операций, присущих конкретному технологическому процессу. Методика опробована на ряде микросхемотехнических производств РФ.

Кроме того, в статье предложен метод количественной оценки качества полученных математических моделей, пригодный как для моделей активного, так для моделей пассивного экспериментов. На все предложенные методы и методики разработаны программные обеспечения, на которые получены авторские свидетельства.

Литература

1. Талалай А.М. Методы статистической оптимизации и активной идентификации для адаптивного управления производством изделий электронной техники / А.М. Талалай // Дис. на соиск. уч. степ. докт. техн. наук. – М., 1987. – 318 с.
2. Ляпунов А.А. В чем состоит системный подход к изучению реальных объектов сложной природы / А.А. Ляпунов // Системные исследования. – М.: Наука, 1972. – С. 5-12
3. Рабинович В.И. Информационные характеристики средств измерения и контроля / В.И. Рабинович, М.П. Цапенко. – М.: Энергия, 1968. – 96 с.
4. Долгов Ю.А. Статистическое моделирование: учеб. для ВУЗов / Ю.А. Долгов. – Тирасполь: РИО ПГУ, 2002. – 280 с.
5. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука / Р. Шеннон. – М.: Мир, 1978. – 418 с.

Поступила в редакцию 10.01.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф., проф. кафедры автоматизации и компьютерных технологий В.А. Краснобаев, Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. Петра Василенко, Харьков.

ІНФОРМАЦІЙНІ МОЖЛИВОСТІ СТАТИСТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Ю.О. Долгов

Запропонований метод значного скорочення об'єму вибірки при знаходженні статистичної моделі складного об'єкту контролю. На основі знання його внутрішньої структури будується граф, по якому знаходиться матриця інцидентів. Спеціальна обробка цієї матриці приводить до декомпозиції об'єкту контролю на складові частини. Моделі цих частин вимагають значно менших об'ємів вибірок, які потім об'єднуються в загальну модель. Графоаналітичне дослідження моделі допомагає уточнювати режими технологічних операцій. У статті також запропонований метод оцінки інформаційної ємкості отриманої моделі. У статті також запропонований метод оцінки інформаційної ємкості отриманої моделі.

Ключові слова: об'єкт контролю, статистична модель, граф, матриця інцидентів, декомпозиція, інформаційна ємкість моделі.

INFORMATION POSSIBILITIES OF STATISTICAL MODELLING

Y.A. Dolgov

There is offered a method, which permits to considerable reduce of sample size for statistical modeling of complicated check object. On the base of its inside structure there is made out a graph in order to make the matrix of incidence. A special calculation of the matrix is result in decomposition of check object on components. The models of these components are required of considerable lesser sample sizes which then are united in general model. A graph-analysis investigation of the model is assisted to define more precisely of technological operation regimes. There is offered a method of information capacity estimate of the received model too.

Key words: check object, statistical model, graph, new boundaries, incidence matrix, decomposition, information capacity of the model.

Долгов Юрий Александрович – член-корр. РАЕН, д-р техн. наук, проф., зав. каф. ИТУ, Приднестровский государственный университет им. Т.Г.Шевченко, Тирасполь, Приднестровье, Молдова, e-mail: dolgov@spsu.ru