

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

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

ISSN 1814-4225

РАДІОЕЛЕКТРОННІ  
І  
КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ

7 (48)

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.

---

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

*Белобровый П.В.*

ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС РЫНКА АКЦИЙ КАК ОБЪЕКТ  
УПРАВЛЕНИЯ И ДИАГНОСТИРОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ ..... 13

*Гончаров А.С., Фурманов А.А.*

АНАЛИЗ ГАРАНТОСПОСОБНОСТИ ДИВЕРСНЫХ  
СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННЫХ АРХИТЕКТУР (на англ. яз.) ..... 18

*Блажко А.А., Левченко А.Ю., Пригожев А.С.*

МОДЕЛИ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОПТИМИЗАЦИИ  
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ БАЗАМИ ДАННЫХ ..... 24

*Мащенко Е.Н., Иванченко О.В., Смахашева Н.В.*

АНАЛИТИКО-СТОХАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ  
ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ ИЗДЕЛИЙ КРИТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ..... 30

*Савенко О.С., Мостовий С.В.*

ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ ПРОЦЕСІВ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ..... 35

*Мартынюк А.Н., Васим Аль Шариф*

АНАЛИЗ ПРОТОКОЛА WI-FI ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ ..... 39

*Горбенко А.В.*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАКОНОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАДЕРЖЕК,  
СОСТАВЛЯЮЩИХ ВРЕМЯ ОТКЛИКА WEB-СЛУЖБ (на англ. яз.) ..... 44

*Скаткова Н.А., Воронин Д.Ю., Ткаченко К.С.*

ДИСКРИМИНАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ ИМИТАЦИОННОГО  
МОДЕЛИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕРСИОННО-МОДЕЛЬНОЙ  
ИЗБЫТОЧНОСТИ ..... 49

*Буй Д.Б., Богатырева Ю.А.*

ТЕОРИЯ МУЛЬТИМНОЖЕСТВ: БИБЛИОГРАФИЯ,  
ПРИМЕНЕНИЕ В ТЕОРИИ ТАБЛИЧНЫХ БАЗ ДАННЫХ ..... 56

*Лахижа Р.Н.*

ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ СХЕМА И МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ГАРАНТОСПОСОБНОСТИ БАНКОВСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ..... 62

*Годунов А.С.*

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ВЫЧИСЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА РЕЛЕВАНТНОСТИ  
ДЛЯ ВЕБ-СТРАНИЦ ПОИСКОВЫМИ СИСТЕМАМИ ..... 68

*Андрашов А.А., Дубницкий В.Ю.*

НАУКОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТРУДОВ КОНФЕРЕНЦИИ «ГАРАНТОСПОСОБНЫЕ  
СИСТЕМЫ, СЕРВИСЫ И ТЕХНОЛОГИИ (DESSERT 2006-2010)» ..... 72

## Інформаційна безпека

*Леншин А.В., Буслов П.В.*

МЕТОД ФОРМУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПРОФІЛІВ  
ЗАХИЩЕНОСТІ ВІД НЕСАНКЦІОНОВАНОГО ДОСТУПУ ..... 77

**Модель-орієнтовані технології розробки та верифікації***Машиницький М.О.*ІНТЕРПОЛЯЦІЯ БАГАТОПАРАМЕТРИЧНИХ ФУНКЦІЙ НА ОСНОВІ МОДИФІКАЦІЙ  
РІЗНИЦЕВИХ МЕТОДІВ ГАУСА ..... 82*Кулик А.С., Чухрай А.Г., Вагин Е.С., Педан С.И.*ФОРМАЛІЗАЦІЯ ГЕНЕРАЦІЇ ЗАДАНИЙ ДЛЯ КОМПЛЕКСА  
ІНТЕРАКТИВНИХ WEB-ТЕСТОВ ПО МАТЕМАТИКЕ ..... 86*Твердохлебов В.А.*ОЦЕНКА СЛОЖНОСТИ АЛГОРИТМОВ ПО МОДИФИЦІРОВАННИМ  
СХЕМАМ ЯНОВА ..... 90*Евсеева Л.Г., Яськов Г.Н.*ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕРВАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ  
В ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ ..... 95*Шматков С.И.*МЕТОД ФРАГМЕНТАЦИИ ВРЕМЕННЫХ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ  
ЗАДАЧ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФОРМАЛЬНЫХ ПОЛИНОМОВ ..... 99*Андрашов А.А.*ТАКСОНОМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОФИЛИРОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ  
ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ КРИТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ..... 104*Неткачѐва Е.И.*МЕТОДОЛОГИЯ ОТЧЕТОВ ПО БЕЗОПАСНОСТИ:  
ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ (на англ. яз.) ..... 109**Надійність програмного забезпечення***Лазурик В.Т., Мищенко В.О.*КОНЦЕПЦИЯ И ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИ  
КАЧЕСТВА РАСТУЩЕГО ПАКЕТА ПРОГРАММ RT-OFFICE ..... 113*Конорев Б.М., Сергиенко В.В., Алексеев Ю.Г., Чертков Г.Н.*МОДЕЛЬ ИНВАРИАНТО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ  
ХАРАКТЕРИСТИК КАЧЕСТВА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ..... 117*Пічугіна О.С.*КОМБІНАТОРНІ ПІДХОДИ ДО РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ МІНІМІЗАЦІЇ  
ЧАСУ ВИКОНАННЯ ПРОГРАМНОГО ПАКЕТУ ..... 121*Котко Е.А., Волковой А.В., Лебединский С.С.*ПРОЦЕДУРА ВЫБОРА СРЕДСТВ ДЛЯ ОЦЕНКИ СООТВЕТСТВИЯ  
ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НОРМАТИВНЫМ ТРЕБОВАНИЯМ ..... 127*Сільвейструк Л.М.*

БАГАТОСТОРОННІ ЗВ'ЯЗКИ В РОЗШИРЕНІЙ МОДЕЛІ "СУТНІСТЬ-ЗВ'ЯЗОК" ..... 133

**Відмовостійкі системи***Кошман С.А.*КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИИ  
НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОСТАТОЧНЫХ КЛАССОВ ..... 138

*Романкевич А.М., Гроль В.В., Романкевич В.А., Фесенюк А.П.*

ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ СТАТИСТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ ОМС,  
КОТОРЫМ СООТВЕТСТВУЮТ ИЕРАРХИЧЕСКИЕ GL-МОДЕЛИ..... 142

*Аврунин О.Г., Корж Ю.Н., Крук О.Я., Носова Т.В., Семенец В.В., Тьртышников А.И.*

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ ЛАБОРАТОРНЫХ СТЕНДОВ  
ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ АНАЛОГОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ И СХЕМОТЕХНИКИ..... 147

### **Системи контролю та діагностування**

*Завадская Т.В.*

БЛОЧНО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ  
АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕГУЛЯТОРАМИ РАСХОДА  
ВОЗДУХА В ШАХТНОЙ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ СЕТИ..... 152

*Долгов Ю.А., Козак Л.Я., Шестопал О.В.*

СХЕМА МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПЛАВКИ СТАЛИ..... 157

*Андрянов В.А., Мартынюк А.Н.*

МОДИФИКАЦИЯ СТРУКТУРНОГО ГЕНЕРАТОРА ТЕСТОВ FAN..... 161

*Благодарный Н.П., Троненко Д.С.*

САМОДИАГНОСТИРОВАНИЕ ВЫСОКОИНТЕГРИРОВАННЫХ  
ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ..... 166

*Иванов Д.Е., Зуауи Р.*

АЛГОРИТМ СИМУЛЯЦИИ ОТЖИГА ОПТИМИЗАЦИИ  
РАССЕИВАНИЯ ТЕПЛА ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ТЕСТОВ..... 170

*Арутюнян А.Р., Витер А.В., Кольбик Б.И.*

АЛГОРИТМ ТЕСТИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ..... 176

*Етифанов А.С.*

ОЦЕНКА СЛОЖНОСТИ И КЛАССИФИКАЦИЯ МАРШРУТОВ  
ПО СЛОЖНОСТИ НА ОСНОВЕ СПЕКТРА ПАРАМЕТРОВ..... 180

*Кривуля Г.Ф., Кучеренко Д.Е.*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ  
И КОМПЕТЕНТНОСТИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ..... 185

*Поморова О.В., Гнатчук Є.Г.*

ВИЯВЛЕННЯ НАДЛИШКОВОСТІ ПРАВИЛ В НЕЧІТКИХ БАЗАХ ЗНАТЬ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ..... 190

*Ляхов А.Л., Алешин С.П.*

ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА БОРТОВЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ  
СИСТЕМ В СРЕДЕ STATISTIKA NEURAL NETWORK..... 195

### **Системи програмованої логіки**

*Дунець Р.Б., Тиханський Д.Я.*

ПРОБЛЕМИ ПОБУДОВИ ЧАСТКОВО РЕКОНФІГУРОВАНИХ СИСТЕМ НА ПЛІС..... 200

*Хаханов В.И., Гузь О.А., Побеженко И.А., Ngene Christopher Umerah*

ТЕХНОЛОГИЯ ТЕСТИРОВАНИЯ И ВЕРИФИКАЦИИ СИСТЕМНЫХ HDL-МОДЕЛЕЙ..... 205

*Биленко А.А., Ситников В.С.*

АНАЛИЗ ПОСТРОЕНИЯ ВЫЧИСЛЕНИЙ НА ОСНОВЕ  
РЕКОНФИГУРИРУЕМЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ..... 212

<i>Мельник В.А., Сарайрех З.</i> ПОБУДОВА ГЕНЕРАТОРІВ ПРОГРАМНИХ МОДЕЛЕЙ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ НА КРИСТАЛІ .....	215
<i>Клятченко Я.М., Тарасенко В.П., Тесленко О.К., Михайлюк А.Ю.</i> КОМАНДИ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ПРОЦЕСОРА НА ПЛІС ДЛЯ АДАПТИВНОГО ПОРІВНЯННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ОБ'ЄКТІВ .....	220
<i>Куланов В.А., Куланов С.А., Скрынник А.С.</i> ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ СРЕДСТВО ЗАСЕВА И МОДЕЛИРОВАНИЯ КОНСТАНТНЫХ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ВСТРОЕННЫХ СИСТЕМ НА ПЛИС.....	225
<b>Телекомунікаційні системи та радіоелектронні пристрої</b>	
<i>Бондаренко М.В.</i> МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ЦИФРОВОГО СИГНАЛА В СИСТЕМАХ С АЦП И ЦАП В УСЛОВИЯХ ДЖИТТЕРА ТАКТОВОГО СИГНАЛА .....	230
<i>Литвин В.В., Олейник В.П., Кулиш С.Н., Аль Отти Сами</i> ГЕНЕРИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ШИРОКОПОЛОСНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КВЧ ДИАПАЗОНА СВЕРХНИЗКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МЕДИЦИНЕ .....	233
<i>Антощук С.Г., Николенко А.А.</i> ИНТЕГРАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ ПО МАСШТАБАМ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПРИ АНАЛИЗЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ.....	236
<i>Дегтярев А.Н.</i> БЫСТРО СХОДЯЩИЕСЯ ОРТОГОНАЛЬНЫЕ РЯДЫ В ТЕОРИИ СВЯЗИ.....	242
<i>Лаврут А.А., Мартиненко А.М., Лаврут Т.В.</i> ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ КАК СЛОЖНОГО ДИНАМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА ПРИ ПОМОЩИ МЕТОДА КРОНА .....	251
<i>Коваленко А.А., Кучук Г.А., Можжаев А.А.</i> ПОСТРОЕНИЕ ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНЫХ ВРЕМЕННЫХ ШКАЛ ПРИ АНАЛИЗЕ ОЧЕРЕДЕЙ МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ СЕТЕЙ .....	257
<b>Функціональна безпека та живучість</b>	
<i>Толкачов М.Ю.</i> МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ БЛИСКАВКИ У ОБМЕЖЕНОМУ ЗАМКНУТОМУ ПРОСТОРІ.....	263
<i>Скляр В.В.</i> АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ОШИБОК КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ .....	267
<i>Бабий С.М., Кочкарь Д.А., Чмовж В.В.</i> АЛГОРИТМ ПОКРЫТИЯ ПЛОЩАДИ ЛЕСНОГО МАССИВА КРУГАМИ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ И КОНТРОЛЯ.....	272
<i>Похил В.С., Харыбин А.В.</i> МЕТОДЫ ОЦЕНИВАНИЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ БОРТОВЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....	278

---

<i>Бабешко Е.В., Ильяшенко О.А., Харченко В.С.</i> МНОГОЭТАПНЫЙ АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ.....	283
<i>Харченко В.С., Зайцева Е.</i> О ДЕГРАДИРУЮЩИХ СИСТЕМАХ С ДЕГРАДИРУЮЩИМИ КОМПОНЕНТАМИ .....	288
<i>Сиора А.А.</i> АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ ВЫБОРА МНОГОВЕРСИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ .....	293
<i>Харченко В.С.</i> АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ИТ-ИНЖЕНЕРИИ БЕЗОПАСНОСТИ: ПРОЕКТ TEMPUS-SAFEGUARD .....	297
<i>Баркалов А.А., Красичков А.А., Мирошкин А.Н.</i> РАСШИРЕНИЕ ФОРМАТА МИКРОКОМАНД В КОМПОЗИЦИОННОМ МИКРОПРОГРАММНОМ УСТРОЙСТВЕ УПРАВЛЕНИЯ С ЭЛЕМЕНТАРИЗАЦИЕЙ ОПЕРАТОРНЫХ ЛИНЕЙНЫХ ЦЕПЕЙ .....	301
<i>Зеленцов В.А., Заславский В.А.</i> ЗАДАЧИ ИЕРАРХИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ .....	306
<i>Кочкарь Д.А., Мединцев С.Ю., Орехов А.А.</i> ОПТИМАЛЬНОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ ВЫШЕК НАБЛЮДЕНИЯ НАЗЕМНЫХ СИСТЕМ ВИДЕО-МОНИТОРИНГА ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ.....	311
АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК.....	315

# CONTENTS

## Dependability of service-oriented systems

*Belobrov P.V.*

CAUSE-EFFECT COMPLEX OF THE SHARE MARKET AS THE OBJECT OF MANAGEMENT AND DIAGNOSING OF SYSTEM RELIABILITY ..... 13

*Goncharov A.S., Furmanov A.A.*

MULTI VERSION SERVICE ORIENTED ARCHITECTURES DEPENDABILITY ANALYSIS ..... 18

*Blazhko O.A., Levchenko O.Yu., Prigozhev O.S.*

MODELS FOR AUTOMATED OPTIMIZATION DBMS PERFORMANCE ..... 24

*Mashenko O.M., Ivanchenko O.V., Smachasheva N.V.*

ANALYTICAL AND STOCHASTIC MODEL OF TECHNICAL STATE MANAGEMENT OF CRITICAL PRODUCT ..... 30

*Savenko O.S., Mostovy S.V.*

LIFE CYCLE OF PROCESSES OF COMPUTER SYSTEM ..... 35

*Martynyuk O.M., Waseem Al Sharif*

ANALYZE OF NETWORK PROTOCOL WI-FI ..... 39

*Gorbenko A.V.*

DETERMINATION OF DISTRIBUTION LAWS OF DELAYS CONTRIBUTING TO WEB-SERVICES RESPONSE TIME ..... 44

*Skatkova N.A., Voronin D.Y., Tkachenko K.S.*

DISCRIMINATORY ANALYSIS OF SIMULATION SOFTWARE USING VERSION-MODEL REDUNDANCY ..... 49

*Buy D.B., Bogatyreva J.O.*

MULTISET'S THEORY: BIBLIOGRAPHY, APPLICATION IN TABLE DATABASES THEORY ..... 56

*Lakhyzha R.M.*

TAXONOMY SCHEME AND METHODS OF BANKING INFORMATION SYSTEMS DEPENDABILITY PROVIDING ..... 62

*Godunov O.S.*

ANALYSIS OF RELEVANCE RATIO'S CALCULATION METHODS FOR WEB PAGES BY SEARCH ENGINES ..... 68

*Andrashov A.A., Dubnickiy V.Y.*

SCIENTOMETRIC ANALYSIS OF «DEPENDABLE SYSTEMS, SERVICES AND TECHNOLOGIES (DESSERT 2006 -2010)» CONFERENCE PROCEEDINGS ..... 72

## Information security

*Lyenshyn A.V., Buslov P.V.*

METHOD FOR DESIGN OF THE FUNCTIONALITY PROFILES OF UNAUTHORIZED ACCESS PROTECTION ..... 77

---

**Model-oriented technologies of development and verification**

*Mashnitskiy M.O.*

MULTI-PARAMETERS FUNCTION INTERPOLATION BASED  
ON MODIFICATION OF GAUSS DIFFERENCE INTERPOLATION METHODS..... 82

*Kulik A.S., Chukhray A.G., Vagin Ie.S., Pedan S.I.*

FORMALIZATION OF GENERATION OF TASKS  
FOR COMPLEX OF MATHEMATICAL WEB-TESTS ..... 86

*Tverdokhlebov V.A.*

ESTIMATION OF COMPLEXITY OF ALGORITHMS  
BY MODIFIED YANOV'S SCHEMES ..... 90

*Yevseeva L.G., Yaskov G.M.*

APPLICATION OF INTERVAL MODELLING TO POWDER METALLURGY ..... 95

*Shmatkov S.I.*

FRAGMENTATION METHOD OF TEMPORAL PARALLEL MODELS  
OF TASKS WITH THE USE OF FORMAL POLYNOMIALS ..... 99

*Andrashov A.O.*

TAXONOMIC MODELS FOR CRITICAL APPLICATION  
I&C SYSTEMS REQUIREMENTS PROFILING ..... 104

*Netkachova K.I.*

SAFETY CASE METHODOLOGY: ARCHITECTING PRINCIPLES ..... 109

**Software reliability**

*Lazurik V.T., Mishenko V.O.*

CONCEPTION AND FEATURES OF THE QUALITY MODEL  
FOR THE GROWING PROGRAM PACKAGE RT-OFFICE ..... 113

*Konorev B.M., Sergiyenko V.V., Alexeev U.G., Chertkov G.N.*

INVARIANT-ORIENTED MODEL FOR SOFTWARE QUALITY  
CHARACTERISTICS ASSESSMENT ..... 117

*Pichugina O.S.*

THE COMBINATORIAL APPROACHES TO DECISION OF TIME  
MINIMIZATION PROBLEM OF SOFTWARE PACKAGE RUNNING ..... 121

*Kotko E.A., Volkoviy A.V., Lebedinskiy S.S.*

SELECTION PROCEDURE FOR MEANS OF SOFTWARE NORMATIVE  
REQUIREMENTS CONFORMANCE EVALUATION ..... 127

*Silveystruk L.M.*

MULTIWAY RELATIONSHIPS OF EXTENDED ENTITY-RELATIONSHIP MODEL ..... 133

**Fault-tolerant systems**

*Koshman S.O.*

CONCEPTION OF CREATION OF INFORMATION-PROCESSING SYSTEM  
ON BASIS OF THE USE SYSTEMS OF REMAINING CLASSES ..... 138

*Romankevich O.M., Grol V.V., Romankevich V.O., Feseniuk A.P.*

ALCULATION OF FAULT-TOLERANT MULTIPROCESSOR SYSTEMS,  
DESCRIBED BY HIERARCHICAL GL-MODELS ..... 142

---

<i>Avrunin O.G., Korzh Yu.M., Kruk O.Ya., Nosova T.V., Semenec V.V., Tirtishnikov O.I.</i> FAULT-TOLERANCE SUPPORT FOR LAB TEST BENCH USED FOR STUDING ANALOG ELECTRONICS AND CIRCUIT ENGINEERING .....	147
<b>Systems of diagnostics and checking</b>	
<i>Zavadskaya T.V.</i> BLOCK-ORIENTED MODEL OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF REGULATOR AIRFLOW IN MINE VENTILATION NETWORK.....	152
<i>Dolgov Y.A., Cossack L.Y., Shestopal O.V.</i> SCHEME OF MATHEMATICAL MODELLING OF STEEL FOUNDING TECHNOLOGICAL PROCESS.....	157
<i>Andriyanov V.O., Martinyuk O.M.</i> MODIFICATION OF STRUCTURAL TEST PATTERN GENERATION ALGORITHM FAN.....	161
<i>Blagodarniy M.P., Tronenko D.S.</i> SELF-DIAGNOSTIC HIGHT-INTEGRATED DIGITAL SYSTEMS OF REAL TIME.....	166
<i>Ivanov D.E., Zouaoui R.</i> THE SIMULATING ANNEALING ALGORITHM FOR THE OPTIMIZATION OF THE POWER DISSIPATION OF THE INPUT TEST SEQUENCES.....	170
<i>Arutyunyan A.R., Viter A.V., Kolbik B.I.</i> ALGORITHM OF TESTING INDUSTRIAL COMPUTER NETWORK.....	176
<i>Epifanov A.S.</i> ESTIMATION OF COMPLEXITY AND CLASSIFICATION OF ROUTES ON COMPLEXITY ON THE BASIS OF A SPECTRUM OF PARAMETERS.....	180
<i>Krivoulya G.F., Kucherenko D.E.</i> SIMULATION OF DIAGNOSTIC STATES AND COMPETENCE OF COMPUTER'S SYSTEM USER.....	185
<i>Pomorova O.V., Gnatchuk E.G.</i> REVEALING SUPERFLUITY OF RULES IN FUZZY KNOWLEDGE BASES OF INTELLIGENT TECHNICAL DIAGNOSIS SYSTEMS .....	190
<i>Lyakhov O.L., Aleshin S.P.</i> TECHNICAL DIAGNOSTICS BOARD RADAR SYSTEMS IN THE MEDIUM STATISTIKA NEURAL NETWORK.....	195
<b>Systems with programmable logic</b>	
<i>Dunets R.B., Tykhansky D.Y.</i> PROBLEMS OF PARTIALLY RECONFIGURABLE FPGA-BASED SYSTEM DESIGN .....	200
<i>Hahanov V.I., Guz O.O., Pobizhenko I.O., Ngene Christopher Umerah</i> TECHNOLOGY FOR TESTING AND VERIFICATION OF SYSTEM HDL-MODELS .....	205
<i>Bilenko A.O., Sitnikov V.S.</i> THE ANALYSIS OF CONSTRUCTION OF CALCULATIONS ON THE BASIS OF RE-CONFIGURED COMPUTER SYSTEMS .....	212
<i>Melnyk V.A., Saraireh Z.</i> DEVELOPMENT OF GENERATORS OF THE SOFTWARE MODELS OF COMPUTER SYSTEMS ON A CHIP.....	215

---

---

<i>Klyatchenko Y.M., Tarasenko V.P., Teslenko O.K., Mykhailyuk A.Y.</i> INSTRUCTIONS IMPLEMENTATION OF SPECIALIZED PLD-BASED PROCESSOR FOR ADAPTIVE COMPARISON OF INFORMATION OBJECTS .....	220
---	-----

<i>Kulanov V.O., Kulanov S.O., Skrynnik O.S.</i> STUCK-AT-FAULT INJECTION AND MODELING TOOL FOR EMBEDDED FPGA-BASED PROJECTS .....	225
--	-----

### **Telecommunication systems and radio-electronic units**

<i>Bondarenko M.V.</i> DIGITAL SIGNAL FORMING MODEL BY SYSTEMS IN ADC AND DAC CLOCK JITTER CONDITIONS.....	230
--	-----

<i>Litvin V.V., Oliynyk V.P., Kulish S.M., Al Otti Sami</i> GENERATION AND EVALUATE PARAMETRIES OF WIDEBAND ELECTROMAGNETIC RADIATION OVER A WEAK INTENSITY FOR INFORMATIVE TECHNOLOGYES IN MEDICINE.....	233
--	-----

<i>Antoshchuk S.G., Nikolenko A.O.</i> INTEGRAL ENERGY DISTRIBUTION ON WAVELET TRANSFORM SCALES AT IMAGE ANALYSIS.....	236
--	-----

<i>Degtyarev A.M.</i> QUICKLY CONVERGING ORTOGONAL ROWS IN COMMUNICATION THEORY.....	242
---	-----

<i>Lavrut O.O., Martinenko A.M., Lavrut T.V.</i> DESCRIPTION OF SATELLITE COMMUNICATION NETWORK AS DIFFICULT DYNAMIC OBJECT THROUGH METHOD OF KRON .....	251
--	-----

<i>Kovalenko A.A., Kuchuk G.A., Mogaev A.A.</i> CREATION OF EXPONENTIAL TIMESCALES IN MULTISERVICE NETWORK QUEUES ANALYSIS .....	257
--	-----

### **Functional safety and survivability**

<i>Tolkachov M.U.</i> A TECHNIQUE FOR CALCULATING ELECTROMAGNETIC FIELD OF LIGHTNING IN A CONFINED CLOSED SPACE.....	263
--	-----

<i>Sklyar V.V.</i> FUNCTIONAL SAFETY ANALYSIS OF INSTRUMENTATION AND CONTROL SYSTEMS BY USE OF LOGICAL MODELS OF CHECKING AND CONTROL ERRORS .....	267
--	-----

<i>Babiy S.M., Kochkar D.A., Chmovzh V.V.</i> ALGORITHM OF OVERLAYING WOODLAND AREA BY VIDEO SURVIELLANCE AND CONTROL CIRCLES.....	272
--	-----

<i>Pohyl V.S., Kharybin O.V.</i> THE ESTIMATION AND SUPPORTING METHODS OF THE FUNCTIONAL SAFETY OF THE AIRCRAFT ONBOARD CONTROL & INFORMATION SYSTEM.....	279
---	-----

<i>Babeshko E.V., Illiashenko O.O., Kharchenko V.S.</i> MULTISTAGE RELIABILITY AND SAFETY ANALYSIS OF INFORMATION AND CONTROL SYSTEMS .....	283
---	-----

---

<i>Kharchenko V.S., Zaitseva E.</i> ABOUT MULTI-STATE SYSTEMS OUT OF MULTI-STATE COMPONENTS .....	288
<i>Siora A.A.</i> MODELS AND CRITERIA FOR CHOICE OF MULTI-VERSION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES .....	293
<i>Kharchenko V.S.</i> ANALYSIS OF THE PROBLEMS OF SAFEWARE ENGINEERING: THE PROJECT TEMPUS-SAFEGUARD .....	297
<i>Barkalov A.A., Krasichkov A.A., Miroshkin A.N.</i> EXTENSION OF MICROINSTRUCTION FORMAT IN COMPOSITIONAL MICROPROGRAM CONTROL UNIT WITH CODE SHARING AND LINEAR CHAINS ELEMENTARIZATION .....	301
<i>Zelentsov V.A., Zaslavsky V.A.</i> HIERARCHICAL MAINTENANCE CONTROL PROBLEMS OF THE COMPLEX SYSTEMS .....	306
<i>Kochkar D.A., Medintsev S.U., Orekhov O.O.</i> OPTIMUM ALLOCATION OBSERVANT TOWERS GROUND SYSTEMS OF VIDEO MONITORING OF FOREST FIRES.....	311
INDEX .....	315

УДК 681.326

Г.Ф. КРИВУЛЯ, Д.Е. КУЧЕРЕНКО

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ И КОМПЕТЕНТНОСТИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ

В статье рассматривается классификация ошибок пользователя компьютерной системы и возможные ограничения его допуска для решения практически важных задач. Последствия ошибок пользователя не менее значительны, чем последствия аппаратных или программных отказов, поскольку во многих видах деятельности операторов цена ошибки чрезвычайно велика. Методами нечеткой логики моделируется компетентность пользователя и состояния компьютерной системы. Получены производные правила для принятия решения о допуске пользователя к работе на компьютерной системе.

**Ключевые слова:** компьютерная система, ошибка пользователя, дефект, компетентность, таксономия, моделирование.

### Введение

Стремительный технический прогресс во всех сферах человеческой жизни, повсеместное внедрение компьютерных систем обуславливает высокие требования к их качеству и надежности. Статистика основных причин отказов компьютерных систем говорит о том, что программные отказы составляют – 34%, аппаратные – 15 % и ошибки оператора – 51% [1].

Последствия ошибок пользователя не менее значительны, чем последствия аппаратных или программных отказов. Во многих видах деятельности операторов цена ошибки чрезвычайно велика. Следствием ошибки оператора может быть авария, катастрофа, экологическое бедствие (рис. 1) [2].

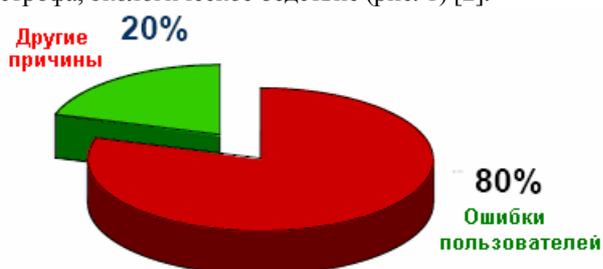


Рис. 1. Процентное соотношение причин аварий

Рассматривая любую информационную систему, нельзя не выделить такой процесс как хранение информации. Именно информация представляет основную ценность в любой организации, а вся инфраструктура, предназначенная для её обработки, хранения, передачи – лишь следствие данного факта.

Потеря данных – наихудшее, что может произойти с человеком, привязанным к компьютеру.

Вопрос не в том, как сильно привязан человек, а в том, как много для него значат эти данные. Другими словами, для начинающих пользователей потеря данных – это как потеря простых документов, но для тех, чья работа непосредственно связана с компьютером, потеря данных может означать потерю исходных файлов. Исходные файлы – это проекты, разработанные с использованием множества приложений. Их потеря, фактически, может привести к потере карьеры.

Главные причины потери данных представлены на рис. 2 [3].



Рис. 2. Причины потери данных

Изучение, учет причин и видов ошибок пользователя при создании и эксплуатации компьютерных систем является немаловажным источником обеспечения их надежной работы.

В данной статье рассматривается таксономия ошибок пользователя при работе с компьютерной системой. Главный акцент сделан на понятии компетентность, как одной из ключевых причин ошибок пользователя.

Целью настоящей работы является моделирование уровня компетентности пользователя и состояний компьютерной системы для принятия решения об ограничении допуска пользователя к решению задач.

### 1. Таксономия ошибок пользователя сложных технических объектов

Наиболее распространенной классификацией является деление ошибок в зависимости от типа индивидуальных задач, решаемых пользователем компьютерной системы. Такая классификация основана на умениях/навыках, правилах и знаниях (The skill, rule and knowledge based classification - SRK) [4]:

1. Описки, основанные на практическом опыте (skill-based slips). Такие ошибки возникают, когда пользователь знает, что делать, но делает что-то не так. Например, пользователь ввел неверный пароль или вставил кабель в неверный разъем.

2. Ошибки, основанные на правилах (rule-based errors). Такие ошибки возникают, когда пользователь ошибся в выборе правильного правила или нарушил его. Например, пользователь упустил этап в процессе конфигурации или ввел неправильные данные.

3. Ошибки, основанные на знаниях (knowledge-based errors). Такие ошибки возникают, когда пользователь не знает, что он должен делать. Например, пользователь не знает, как работает указатель в C++ или не знает разницы между ссылками и значениями в электронной таблице.

Другая система классификации основана на том, что ошибки пользователя могут возникать на разных этапах проектирования критических систем:

- 1) в процессе разработки;
- 2) в процессе развертывания;
- 3) в процессе поддержки/управления;
- 4) на протяжении процесса эксплуатации.

Ошибки пользователя программного обеспечения (ПО) можно классифицировать следующим образом:

1. Ошибки, вызванные недостаточным знанием предметной области. Теоретически эти ошибки методологических проблем не вызывают, сравнительно легко исправляясь обучением пользователей. Практически же, роль этих ошибок чрезвычайно велика – все ожидают должного уровня подготовки от пользователей ПО, однако в ряде случаев их никто, никогда, ничему целенаправленно не обучал.

2. Опечатки. «Опечатки» происходят в двух случаях: во-первых, когда не все внимание уделяется выполнению текущего действия (этот тип ошибок характерен, прежде всего, для опытных пользователей, не проверяющих каждый свой шаг) и,

во-вторых, когда в мысленный план выполняемого действия вклинивается фрагмент плана из другого действия (происходит преимущественно в случаях, когда пользователь имеет обдуманное текущее действие и уже обдумывает следующее действие).

3. Игнорирование показаний системы. Ошибки, которые одинаково охотно производят как опытные, так и неопытные пользователи. Первые не считывают показаний системы потому, что у них уже сложилось мнение о текущем состоянии, и они считают излишним его проверять, вторые – потому, что они либо забывают считывать показания, либо не знают, что это нужно делать и как.

4. Моторные ошибки. Сущностью этих ошибок являются ситуации, когда пользователь знает, что он должен сделать, знает, как этого добиться, но не может выполнить действие нормально из-за того, что физические действия, которые нужно выполнить, выполнить трудно. Так, никто не может с первого раза (и со второго тоже) нажать на экранную кнопку размером 1 на 1 пиксель. При увеличении размеров кнопки вероятность ошибки снижается, но почти никогда не достигает нуля.

Ben Marguglio, автор книги «Предотвращение человеческих ошибок» («Human Error Prevention») дает следующую классификацию ошибок пользователя [5]:

1. Ошибки, основанные на знаниях (knowledge-based errors) – отсутствие знаний о требованиях, ожидаемых результатах или потребностях. Такие ошибки случаются тогда, когда пользователь не владеет информацией либо из-за того, что она не была предоставлена, либо искажена в процессе доставки.

2. Ошибки, основанные на когнитивных способностях (cognition-based errors) – отсутствие способности обрабатывать знания, необходимые для удовлетворения требований, ожиданий или потребностей. Такие ошибки случаются тогда, когда пользователь не обработал полученную информацию из-за отсутствия либо способностей к запоминанию, анализу, систематизации, либо способности оценить важность обработки информации.

3. Ошибки, основанные на важности (value-based errors) – отсутствие готовности соглашаться с необходимыми требованиями или прогнозами. Такие ошибки случаются тогда, когда пользователь осознает нарушение требований, ожиданий и потребностей, но не принимает их во внимание, либо не рассматривает это в качестве ошибки.

4. Ошибки, основанные на рефлексорных действиях (reflexive-based errors) – отсутствие способности незамедлительно отвечать на внешнее воздействие. Такие ошибки случаются тогда, когда возникают ситуации, в которых требуется быстрая и прямая реакция.

5. Ошибки, основанные на обстоятельствах их возникновения (error-inducing condition-based) – отсутствие способности противодействовать обстоятельствам возникновения ошибок. Такие обстоятельства обычно присутствуют непосредственно в работе, содержатся в окружающей среде, либо в людях, но удаление их из процесса невозможно из-за естественности их возникновения.

6. Ошибки, основанные на практическом опыте (skill-based errors) – отсутствие сноровки. Такие ошибки будут случаться постоянно, так как опыт не может быть заменен машиной.

7. Ошибки, основанные на упущениях (lapse-based errors) – отсутствие внимания. Такой тип ошибок связан с предыдущим, так как невозможно постоянно иметь высокий уровень внимания, а значит, такие ошибки будут иметь место.

Ошибки пользователей можно классифицировать в соответствии с причинами их возникновения при работе с компьютерной системой:

1. Ошибки, основанные на индивидуальных факторах (35%): недостаток опыта, интереса или мотивации, усталость, плохая память, возраст или нетрудоспособность.

2. Ошибки, связанные с проектированием компьютерной системы (20%): влияния времени реакции, утомительность, отсутствие поощрения безошибочности, несовместимость требований или форматов.

3. Ошибки, связанные с инструкциями компьютерной системы (10%): тяжелые для понимания, неполные или неточные, неудачно методически составленные.

4. Ошибки, связанные с уровнем подготовки пользователя к работе с компьютерной системой (10%): не соответствует, не удовлетворяет потребностям, не отвечает последним тенденциям.

5. Ошибки, связанные с интерфейсом между пользователем и компьютером (10%): плохое качество монитора или используемого шрифта, необходимость запоминания длинных кодов, эргономические факторы.

6. Ошибки, связанные с требованиями точности при работе с компьютерной системой (10%): завышенные ожидания.

7. Ошибки, связанные с окружающей средой (5%): свет, температура, влажность, шум.

По месту в структуре деятельности можно выделить следующие виды ошибок:

1) ошибки восприятия – не успел обнаружить, не сумел различить, не узнал и пр.;

2) ошибки внимания – не сумел сосредоточиться, собратся, переключиться, удержать, не

успел охватить всего, быстро устал и пр.;

3) ошибки памяти – сохранение, воспроизведение оперативной или долговременной информации; забыл, не успел запомнить, не сумел удержать в памяти, сохранить, восстановить, воспроизвести и пр.;

4) ошибки мышления и принятия решения – не понял, не предусмотрел, не разобрался, не проанализировал, не объединил, не обобщил, не сопоставил, не выделил и пр.; навигационное планирование и коррекция, выход из опасных ситуаций, оценка возможностей наземных и бортовых систем;

5) ошибки ответной реакции – управление двигателями, автопилотом, навигационными устройствами, ведение радиосвязи, изменение курса или высоты полета самолета.

По виду нарушенных закономерностей выделяются следующие виды ошибок:

1. Несоответствие процесса переработки информации (чрезмерный поток информации, недостаток информации, недостаток исходных данных; несоответствие интенсивности сигналов пороговым характеристикам анализаторов – органов чувств и соответствующих областей коры головного мозга; неправильная оценка вероятности появления информации, ее значимости).

2. Несоответствие навыка (перенос навыка в условия, где он неприменим, недостаточный навык).

3. Недостатки внимания (неправильное распределение внимания или его переключение, недостаточная концентрация, чрезмерная концентрация).

Обобщенная классификация ошибок пользователя представлена на рис. 3.

## 2. Моделирование компетентности и доступа пользователя к решению задачи

При исследовании ошибок пользователей при работе с компьютерной системой выделяют ряд причин, лидирующую позицию среди которых занимают личные факторы. С точки зрения способности пользователя решать задачу в определенной области выделим такой фактор, как компетентность.

Методы, используемые для анализа компетентности, могут включать в себя следующие (при необходимости список может быть дополнен): интервьюирование / анкетирование пользователя; наблюдения; обсуждения в группах; экспертные методы.

Последний метод представляет для нас большой интерес. Экспертные методы основаны на суждениях высококвалифицированных специалистов-профессионалов, представленных, как правило, в виде содержательной и качественной или количественной оценки объекта.

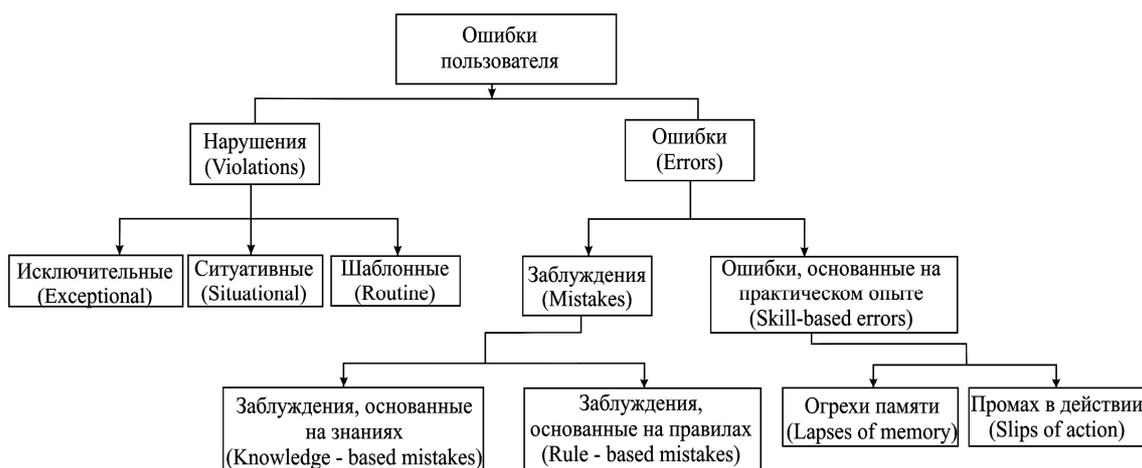


Рис. 3. Классификация ошибок пользователя сложных технических объектов

Описать понятие компетентность количественно – крайне сложная задача, поэтому мы воспользуемся аппаратом нечеткой логики. Он позволит количественно оценить такие размытые понятия, как «низкая компетентность», «средняя компетентность», «высокая компетентность». Рассматривая компетентность пользователя, важно определить само понятие компетентность как пример нечеткого множества. Данное понятие зависит от многих факторов и на данный момент не существует универсального способа определения компетентности.

**Модель оценки компетентности пользователя.** Пусть  $U$  – универсальное множество всех критериев, по которым оценивается компетентность пользователя:

$$U = \{a_i, i = \overline{0, N}\},$$

где  $a_i$  – критерий, по которому оценивается компетентность.

Пусть  $V$  – нечеткое множество, определяющее степень компетентности пользователя

$$V = \langle U, \mu \rangle = \{a_1 | \mu_1 + a_2 | \mu_2 + \dots + a_N | \mu_N\}.$$

Функция принадлежности  $\mu_i$  показывает, в какой мере пользователь обладает компетентностью  $a_i$ . Например, на рис. 4 показан возможный уровень компетентности:

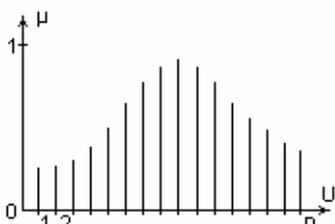


Рис. 4. Возможный уровень компетентности

Относительно нечеткого множества  $V$  вводим лингвистическую переменную «Компетентность» = {"нулевая", "низкая", "средняя", "выше среднего", "высокая"}. Каждое значение лингвистической переменной характеризуется нечетким множеством.

В качестве формы функции принадлежности было выбрано гауссову кривую. Функция принадлежности гауссова типа описывается формулой:

$$\mu(a_i) = e^{-\frac{(a_i - n)^2}{\sigma^2}},$$

где  $n$  – центр нечеткого множества;  $\sigma$  – крутизна функции.

Например, если  $U = \{a_i = i, i = \overline{0, N}, N = 100\}$ , то можно рассматривать следующие нечеткие множества (рис. 5, а – д).

Опираясь на понятия компетентность и состояния компьютерной системы можно промоделировать допуск пользователя к решению некоторой задачи.

Состояние КС различаются наличием дефекта различной силы. Представление диагностических признаков КС в виде лингвистической переменной приведено в [6].

В качестве выходной вводим лингвистическую переменную «Уровень доступа» = {"нулевой", "низкий", "ограниченный", "выше среднего", "неограниченный"}. Т.о, имеется две входные переменные: компетентность пользователя и дефект КС, а также выходная переменная – уровень доступа пользователя к решению некоторой задачи. Ниже приведен пример производственных правил:

- 1) if (компетентность is нулевая) and (дефект is нет) then (доступ is нулевой);
- 2) if (компетентность is нулевая) and (дефект is разрушительный) then (доступ is отсутствует);
- 3) if (компетентность is низкая) and (дефект is разрушительный) then (доступ is отсутствует);
- 4) if (компетентность is средняя) and (дефект is разрушительный) then (доступ is нулевой);
- 5) if (компетентность is выше среднего) and (дефект is разрушительный) then (доступ is ограниченный);
- 6) if (компетентность is высокая) and (дефект is разрушительный) then (доступ is неограниченный).

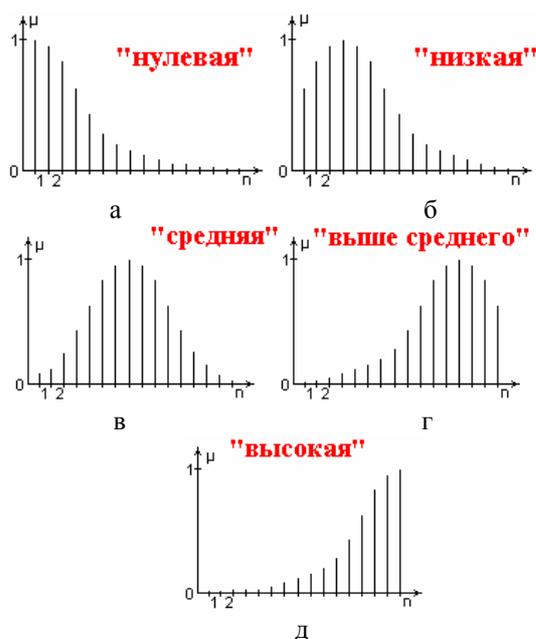


Рис. 5. Нечеткие множества компетентности: а – нулевого; б – низкого; в – среднего уровня; г – уровня выше среднего; д – высокого уровня

### Заклучение

При работе с компьютерной системой пользователь сталкивается с решением ответственных практически важных задач. Возможность пользователя правильно решить задачу зависит от его компетентности и от состояния компьютерной системы.

Моделирование методами нечеткой логики компетентности пользователя и состояний компьютерной систем позволило сформулировать продукционные правила для ограничения возможного допуска пользователя к решению ответственных задач.

### Литература

1. Krivoulya G. Computer system efficient diagnostics with the usage of real-time expert systems / G. Krivoulya, A. Lipchansky, O. Korobko // *Proceedings of the 4th East-West Design and Test Workshop, Sochi, Russia, September 15-19. – 2006. – P. 255-256.*
2. Shappell S.A. A Human Error Approach to Accident Investigation: The Taxonomy of Unsafe Operations / S.A. Shappell, D.A. Wiegmann // *The International Journal of Aviation Psychology, 1532-7108. – 1997. – Vol. 7. – Iss. 4. – P. 269-291.*
3. Smith D. The Cost of Lost Data / D. Smith // *Storage Management Solutions. – 1999. - No. 4. –P. 60-2.*
4. Rasmussen J. Human errors: A taxonomy for describing human malfunction in industrial installations / J. Rasmussen // *Journal of Occupational Accidents. – No. 4. – P. 311-33.*
5. Marguglio B. Human Error Prevention / B. Marguglio // *Bookinar™, 2006.*
6. Кривуля Г.Ф. Классификационные признаки для диагностики компьютерных неисправностей с использованием нечетких экспертных систем / Г.Ф. Кривуля, Д.Е. Кучеренко, Сами Механа // *Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. – 2009. – № 5 (39). – С. 127-130.*

Поступила в редакцию 10.02.2010

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

## МОДЕЛЮВАННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ СТАНІВ ТА КОМПЕТЕНТНОСТІ КОРИСТУВАЧА КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ

Г.Ф. Кривуля, Д.Е. Кучеренко

Розглядається класифікація помилок користувача комп'ютерної системи та можливі обмеження допуску для рішення практично важливих задач. Наслідки помилок користувача не менш суттєві, ніж наслідки апаратних або програмних відмов, тому що у багатьох видах діяльності операторів ціна помилки надзвичайно велика. Методами нечіткої логіки моделюється компетентність користувача та стани комп'ютерної системи. Отримані продукційні правила для прийняття рішення про допуск користувача до роботи на комп'ютерній системі.

**Ключевые слова:** комп'ютерна система, помилка користувача, дефект, компетентність, таксономія, моделювання.

## SIMULATION OF DIAGNOSTIC STATES AND COMPETENCE OF COMPUTER'S SYSTEM USER

G.F. Krivoulya, D.E. Kucherenko

User error classification and possible restrictions of user access for practically important tasks solutions are considered in this paper. The effects of user errors are no less important than effects of hardware or software faults as far as the cost of error is extremely high in the major areas of an operator work. The user competence and computer system states are simulated using fuzzy logic methods. The condition-action rules for decision making about user access to work on computer system are received.

**Keywords:** computer system, user error, defect, competence, taxonomy, simulation.

**Кривуля Геннадий Федорович** – д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой автоматизации проектирования вычислительной техники, ХНУРЭ, Харьков, Украина, e-mail: krivoulya@i.ua.

**Кучеренко Дария Ефимовна** – аспирантка кафедры автоматизации проектирования вычислительной техники, ХНУРЭ, Харьков, Украина, e-mail d\_zin@ukr.net.