

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

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

ISSN 1814-4225

РАДІОЕЛЕКТРОННІ
І
КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ

5 (64)

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ

Видається з січня 2003 р.

Виходить 4 рази на рік

Харків "ХАІ" 2013

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 № 8 від 17 квітня 2013 р.

Головний редактор **Віктор Михайлович Ілюшко**, доктор технічних наук, професор, декан факультету, завідувач кафедри, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ».

Редакційна колегія

- І.В. Барішев**, д-р техн. наук, професор, професор кафедри, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»;
- В.К. Волосюк**, д-р техн. наук, професор, професор кафедри, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»;
- В.М. Вартамян**, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»;
- І.А. Жуков**, д-р техн. наук, професор, директор інституту комп'ютерних технологій, Національний авіаційний університет;
- М.В. Замірець**, д-р техн. наук, професор, директор, Державне підприємство "Науково-дослідний технологічний інститут приладобудування";
- О.О. Зеленський**, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»;
- Б.М. Конорев**, д-р техн. наук, професор, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, професор кафедри, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»;
- В.А. Краснобасв**, д-р техн. наук, професор, заслужений винахідник України, завідувач кафедри, Полтавський національний технічний університет;
- Г.Я. Красовський**, д-р техн. наук, професор, професор кафедри, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»;
- А.С. Кулік**, д-р техн. наук, професор, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, декан факультету, завідувач кафедри, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»;
- В.В. Лукін**, д-р техн. наук, професор, професор кафедри, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»;
- В.В. Печенін**, д-р техн. наук, професор, професор кафедри, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»;
- В.В. Піскорж**, д-р техн. наук, професор, головний науковий співробітник, ВАТ "Науково-дослідний інститут радіотехнічних вимірювань" Національного космічного агентства України;
- В.П. Тарасенко**, д-р техн. наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, завідувач кафедри, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут";
- І.Б. Сіроджа**, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри, Національна академія природоохоронного та курортного будівництва;
- О.Є. Федорович**, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»;
- В.С. Харченко**, д-р техн. наук, професор, заслужений винахідник України, завідувач кафедри, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ».

Відповідальний секретар **О.Б. Лещенко**, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»

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 «Радіоелектронні і комп'ютерні системи»

- входить до затвердженого ДАК Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть друкуватися основні результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (див. **постанову президії ВАК України № 1-05/3 від 8.07.2009 р.**);

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

- зберігається 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>) (Російська Федерація);

- включений в міжнародні наукометричні бази даних: наукової електронної бібліотеки eLIBRARY.RU (Російська Федерація), Index Copernicus (Польща), Google Scholar.

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

Безпека і резильєнтність інфраструктур

Бакаев О.В.

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ МОНИТОРИНГА СКРЫТОГО ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ
ВПЕРЕДИ ОЧИСТНОЙ ВЫРАБОТКИ УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ..... 13

Брюховецкий А.А., Скатков А.В., Березенко П.О.

ОБНАРУЖЕНИЕ УЯЗВИМОСТЕЙ В КРИТИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЯХ НА ОСНОВЕ
РЕШАЮЩИХ ДЕРЕВЬЕВ 18

Голуб С.В., Бурляй І.В.

СТРУКТУРИЗАЦІЯ МАСИВІВ ВХІДНИХ ДАНИХ В ІНФОРМАЦІЙНІЙ
ТЕХНОЛОГІЇ ОПЕРАТИВНОГО МОНІТОРИНГУ ПОЖЕЖОГАСІННЯ 23

Гордеев А.А.

ФОРМИРОВАНИЕ ФАСЕТНО-ИЕРАРХИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ТЕРМИНОВ
В УПРАВЛЕНИИ РИСКАМИ 31

Девіс Д.Н., Тевкун М., Граут В., Рвачова Н.

ПРИНЦИПИ ОПТИМІЗАЦІЇ СПИСКІВ КОНТРОЛЮ ДОСТУПУ В МЕЖАХ
ДОМЕНУ (англ. мовою)..... 39

Иванченко О.В., Харченко В.С., Бирюков Д.Ю.

ПОЛУМАРКОВСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОТЕКАНИЯ АВАРИИ КРИТИЧЕСКОЙ
ИНФРАСТРУКТУРЫ..... 45

Ізвалов О.В., Неділько В.М., Неділько С.М.

ВАЛІДАЦІЯ АЛГОРИТМУ ГЕНЕРАЦІЇ ВХІДНИХ ДАНИХ ДЛЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО
ТРЕНАЖЕРУ АВІАДИСПЕТЧЕРА (англ. мовою) 52

Мащенко Е.Н., Шевченко В.И.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ КРИТИЧЕСКИХ
ИТ-ИНФРАСТРУКТУР НА ОСНОВЕ ПОЛУМАРКОВСКОЙ МОДЕЛИ 57

Меленец А.В.

ЗАЩИТА CLOUD-АРХИТЕКТУР ОТ DDOS-АТАК 64

Поморова О.В., Медзатий Д.М.

ПРИМІТИВНА ПОВЕДІНКОВА МОДЕЛЬ ТА АЛГОРИТМИ ОЧИЩЕННЯ ТЕРИТОРІЇ
АВТОНОМНИМ МОБІЛЬНИМ РОБОТОМ 70

Прохазкова Д.

ВІДКРИТІ ПРОБЛЕМИ ЗАХИСТУ ІНФРАСТРУКТУР ПІДТРИМКИ
ЖИТТЄЗАБЕЗПЕЧЕННЯ І ЛАНЦЮЖКІВ ПОСТАЧАЧЬ (англ. мовою) 77

Рязанцев А.И., Скарга-Бандурова И.С., Нестеров М.В.

МЕТОД ОЦЕНКИ ТЕХНОГЕННОГО РИСКА В ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНА 88

Скарга-Бандурова И.С.

МЕТОДЫ МНОГОМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО
МОНИТОРИНГА И ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ОТХОДОВ..... 96

Трубчанинов С.А.

СОПОСТАВЛЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К СИСТЕМАМ
ПОСЛЕАВАРИЙНОГО МОНИТОРИНГА АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ 100

<i>Хаханов В.И., Энглези И.П., Литвинова Е.И., Чумаченко С.В., Гузь О.А., Хаханова А.В.</i> ОБЛАЧНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ.....	106
<i>Шевченко В.И.</i> ТЕХНОЛОГИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ КАЧЕСТВОМ ИТ-УСЛУГ В БИЗНЕС-КРИТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ.....	112
<i>Гарантоздатність та інформаційна безпека комп'ютерних систем і мереж</i>	
<i>Бездітко О.М.</i> БУДОВА ПРИСТРОЇВ ММХ РОЗШИРЕННЯ БАЗОВОГО МІКРОПРОЦЕСОРА.....	119
<i>Буханов Д.Г., Поляков В.М., Рубанов В.Г., Синюк В.Г.</i> МЕТОД СТРУКТУРИЗАЦІЙ В ЗАДАЧАХ САМОДИАГНОСТИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ.....	130
<i>Долгов А.Ю.</i> ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОЦЕНОК ПАРАМЕТРОВ КОНТРОЛЬНОЙ ВЫБОРКИ МАЛОГО ОБЪЕМА ПРИ ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОМ ЗАКОНЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ.....	135
<i>Долгов Ю.А.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ВЫБОРКИ В МЕТОДЕ ТОЧЕЧНЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ.....	139
<i>Дрозд А.В., Харченко В.С., Антошук С.Г., Дрозд М.А.</i> КОНТРОЛЕПРИГОДНОСТЬ ЦИФРОВЫХ КОМПОНЕНТОВ СИСТЕМ КРИТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ПО ОТНОШЕНИЮ К НЕИСПРАВНОСТЯМ ТИПА «ЗАМЫКАНИЕ».....	142
<i>Есина М.В., Рассомахин С.Г.</i> ПСЕВДОСЛУЧАЙНОЕ КОДИРОВАНИЕ ПО МЕТОДУ ЛИНЕЙНОЙ КОНГРУЭНТНОЙ ГЕНЕРАЦИИ.....	148
<i>Защелкин К.В., Иващенко А.И., Иванова Е.Н.</i> УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА СТЕГАНОГРАФИЧЕСКОГО СКРЫТИЯ ДАННЫХ КУТТЕРА-ДЖОРДАНА-БОССЕНА.....	151
<i>Иванов Д.Е.</i> МЕТОДОЛОГИЯ СИНТЕЗА ЭВОЛЮЦИОННЫХ АЛГОРИТМОВ ПОСТРОЕНИЯ ИДЕНТИФИЦИРУЮЩИХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ.....	156
<i>Каменських А.М., Понуровський І.С., Тюрін С.Ф.</i> СИНТЕЗ І АНАЛІЗ СУВОРО САМОСІНХРОННОГО ФУНКЦІОНАЛЬНО-ПОВНОГО ТОЛЕРАНТНОГО ЕЛЕМЕНТУ (англ. мовою).....	162
<i>Скатков А.В., Воронин Д.Ю., Черномыз С.А.</i> ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПРОПОРЦИОНАЛЬНО-ИНТЕГРАЛЬНО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ РЕГУЛЯТОР КАК СРЕДСТВО КОМПЕНСАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ АТАК.....	168
<i>Тюрин С.Ф., Городилов А.Ю., Понуровский И.С.</i> ПОВЫШЕНИЕ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ FPGA ПУТЕМ РЕКОНФИГУРАЦИИ РАБОТОСПОСОБНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	172
<i>Тюрин С.Ф., Греков А.В., Громов О.А., І.С. Понуровський</i> АДАПТАЦІЯ FPGA ДО ВІДМОВИ ЛОГІКИ (англ. мовою).....	177

<i>Чемерис А.А., Лазоренко Д.И., Пронзалева С.Ю.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЖИМОВ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕССОРА.....	183
---	-----

Якість, надійність та ресурсозбереження для апаратних і програмних засобів

<i>Абдул-Хади А.М., Поночовный Ю.Л., Харченко В.С.</i> РАЗРАБОТКА БАЗОВЫХ МАРКОВСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ГОТОВНОСТИ КОММЕРЧЕСКИХ ВЕБ-СЕРВИСОВ.....	186
---	-----

<i>Берднікова А.Л., Манжос Ю.С.</i> ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ АНАЛІЗУВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ.....	192
--	-----

<i>Біскольо І., Фузані М.</i> ЗНИЖЕННЯ РИЗИКУ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ В ТЕКСТАХ СТАНДАРТИВ ВЕЛИКОГО ВПЛИВУ (англ. мовою).....	198
--	-----

<i>Буй Д.Б., Гришко Ю.О.</i> ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ МУЛЬТИМНОЖИН.....	204
---	-----

<i>Буй Д.Б., Компан С.В.</i> МОДЕЛЬ ОПЕРАЦИИ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ СПЕЦИФИКАЦИЙ КЛАССОВ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ.....	210
---	-----

<i>Бутенко В.О., Одаруценко О.М., Харченко В.С.</i> МЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ МАРКІВСЬКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦІНКИ ГОТОВНОСТІ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ (англ. мовою).....	214
---	-----

<i>Волочий Б.Ю., Озірковський Л.Д., Муляк О.В., Змисний М.М.</i> НАДІЙНІСНА МОДЕЛЬ ВІДМОВОСТІЙКОЇ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ МАЖОРИТАРНОЇ СТРУКТУРИ З КОВЗНИМ РЕЗЕРВУВАННЯМ ТА АВТОМАТИЧНИМ ПЕРЕЗАВАНТАЖЕННЯМ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	221
--	-----

<i>Глухих М., Моисеев М., Рихтер Х.</i> ПОДХОД К ФОРМАЛЬНОЙ ВЕРИФИКАЦИИ SYSTEMC-ПРОЕКТОВ НА ОСНОВЕ СТАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА (англ. мовою).....	227
--	-----

<i>Голиков С.Е.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ФАСЕТНО-ИЕРАРХИЧЕСКИХ СТРУКТУР В ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ИНТЕРФЕЙСАХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ БАНКОВ.....	233
---	-----

<i>Горбенко А.В.</i> АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ СОЗДАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАРАНТОСПОСОБНЫХ СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННЫХ СИСТЕМ.....	237
--	-----

<i>Дмитриева О.А.</i> РАЗРАБОТКА МНОГОШАГОВЫХ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ КОЛЛОКАЦИОННЫХ БЛОЧНЫХ МЕТОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕРПОЛЯЦИОННЫХ ПОЛИНОМОВ ЭРМИТА.....	243
---	-----

<i>Епифанов А.С.</i> ДООПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТИЧНО ЗАДАННЫХ ЗАКОНОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ДИСКРЕТНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПЛАЙНОВ.....	250
---	-----

<i>Зиноватная С.Л., Левченко А.Ю., Галанюк К.А.</i> ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ИНДЕКСНОЙ СТРУКТУРЫ БАЗЫ ДАННЫХ.....	255
---	-----

<i>Квашиай М., Леващенко В.</i> ОЦЕНКА БИРНБАУМА ДЛЯ АНАЛИЗА НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ С НЕСКОЛЬКИМИ И ДВУМЯ УРОВНЯМИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ (англ. мовою).....	261
<i>Козак Л.Я., Шестопал О.В.</i> ПРОЦЕДУРА ВЫДЕЛЕНИЯ ЗНАЧИМЫХ ФАКТОРОВ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	267
<i>Колдовський В.В.</i> МЕТОДИКА ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ І БЕЗПЕКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМ ДИСТАНЦІЙНОГО БАНКІВСЬКОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ НА ОСНОВІ МЕТРИК ВИХІДНОГО КОДУ	271
<i>Костолни Й., Зайцева О.</i> ДИАГРАММИ РИШЕНЬ І ЛОГІЧНІ НАПРАВЛЕНІ ПОХІДНІ ДЛЯ АНАЛІЗУ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМ З ДЕКІЛЬКОМА РІВНЯМИ НАДІЙНОСТІ(англ. мовою)	276
<i>Кривуля Г.Ф., Шкіль А.С., Кучеренко Д.Е.</i> ЭКСПЕРТНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ КАЧЕСТВА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ	282
<i>Кротов К.В., Скатков А.В.</i> ОБОСНОВАНИЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ МНОГОУРОВНЕВОЙ МОДЕЛИ ПОСТРОЕНИЯ РАСПИСАНИЙ ГРУППОВОЙ ОБРАБОТКИ ПАРТИЙ ТРЕБОВАНИЙ	287
<i>Кузнецова Ю.А., Туркин И.Б.</i> ОЦЕНИВАНИЕ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ В СИСТЕМАХ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ГРАФОВ	293
<i>Маевский Д.А.</i> ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ.....	300
<i>Манжос Ю.С.</i> ФАКТОРИ НАДІЙНОСТІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	305
<i>Польщиков К.О., Одаруценко О.М., Любченко К.М.</i> АНАЛІТИЧНА МОДЕЛЬ ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗАПИТІВ НА ПЕРЕДАЧУ ПОТОКІВ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ У ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІЙ МЕРЕЖІ (англ. мовою).....	313
<i>Поморова О.В., Говоруценко Т.О.</i> СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	319
<i>Поморова О.В., Иванчишин Д.О.</i> ОЦІНКА ПРИДАТНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СТАТИЧНИХ АНАЛІЗАТОРІВ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ВРАЗЛИВОСТЕЙ В ПРОГРАМНОМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ (англ. мовою)	328
<i>Романкевич А.М., Романкевич В.А., Морозов К.В.</i> ОБ ОДНОЙ GL-МОДЕЛИ СИСТЕМЫ СО СКОЛЬЗЯЩИМ РЕЗЕРВОМ.....	333
<i>Рыжкова О.В.</i> ОЦЕНКА КРИТИЧНОСТИ ОТКАЗОВ КОММУТАТОРОВ УРОВНЯ ДОСТУПА КЛАСТЕРА ЦЕНТРА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ	337
<i>Савенко О.С., Лисенко С.М., Кришук А.Ф.</i> МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ДІАГНОСТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ НА НАЯВНІСТЬ БОТНЕТ-МЕРЕЖ В КОРПОРАТИВНІЙ МЕРЕЖІ (англ. мовою).....	342

Скляр В.В., Харибін О.В., Юрцевіч О.М.

ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ ГРУПОВОГО ТА ІНДИВІДУАЛЬНОГО
УПРАВЛІННЯ ОРГАНАМИ РЕГУЛЮВАННЯ НА БАЗІ ПЛІС
ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ АЕС (англ. мовою) 348

Скобелев В.Г.

БЕЗОПАСНОСТЬ ИТ-СИСТЕМ (ОБЗОР) 352

Старов О., Вілкомір С.

ХМАРНІ СЕРВІСИ ТА ІНСТРУМЕНТИ ДЛЯ МОБІЛЬНОГО ТЕСТУВАННЯ (англ. мовою) 362

Стрюк О.Ю., Лаврут О.О.

МЕТОД ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СПРАВЕДЛИВОГО РІВНЯ СПРИЙНЯТТЯ ЯКОСТІ
ОБСЛУГОВУВАННЯ АБОНЕНТІВ МОБІЛЬНОЇ РАДІОМЕРЕЖІ 372

Твердохлебов В.А.

ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕМЫ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ОБРАЗОВ
АВТОМАТНЫХ ОТОБРАЖЕНИЙ 379

Федосеева А.А.

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА
ТАБЛЕТИРОВАННЫХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ С ПОМОЩЬЮ
БЛОК-СХЕМ И ВРЕМЕННЫХ СЕТЕЙ ПЕТРИ 385

Чухрай А.Г.

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ АДАПТИВНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ
ПРИОБРЕТЕНИЯ ЗНАНИЙ И УМЕНИЙ ПРИ РЕШЕНИИ
АЛГОРИТМИЧЕСКИХ УЧЕБНЫХ ЗАДАЧ 390

Щербовських С.В.

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ НЕРІВНОМІРНОСТІ ПЕРЕРОЗПОДІЛУ НАВАНТАЖЕННЯ НА
МІНІМАЛЬНУ МНОЖИНУ ПЕРЕТИНІВ ВІДНОВЛЮВАНОЇ
СИСТЕМИ ІЗ РЕЗЕРВУВАННЯМ ЗА СХЕМОЮ 2-ІЗ-3 403

Яматов А.Р., Плесовських С.А., Тюрін С.Ф.

МЕТОДИКА СИНТЕЗУ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ
ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МОДИФІКОВАНОГО ГРАДІЄНТ У ПРОЦЕДУРІ
НАЙШВИДШОГО СПУСКУ (англ. мовою) 408

Яремчук С.А.

ПРОБЛЕМЫ АПРИОРНОЙ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ
ГАРАНТОСПОСОБНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ
КРИТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ 414

Повідомлення

Коляда С.В., Байгер В.М.

КОНТРОЛЬОВАНА ЯКІСТЬ ВИРІШЕННЯ ЗАВДАНЬ БЕЗПЕКИ, ОХОРОНИ
ТА МОНІТОРИНГУ НА БАЗІ ЗАСТОСУВАННЯ ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ
НОВОГО ПОКОЛІННЯ 421

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК 424

УДК 681.518

Г.Ф. КРИВУЛЯ, А.С. ШКИЛЬ, Д.Е. КУЧЕРЕНКО

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина***ЭКСПЕРТНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ КАЧЕСТВА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

В статье рассмотрена проблема определения качества программного обеспечения на этапе его эксплуатации с помощью системы поддержки принятия решения. Для получения интегрального показателя качества программы предложено использовать экспертное оценивание его количественных и качественных характеристик (критериев качества). Именно факт наличия качественных критериев, которые сложно поддаются численной оценке, и обусловил выбор нечеткой логики в качестве аппарата. Применение системы нечеткого вывода как основы для работы системы поддержки принятия решения дало возможность учесть «размытость» понятия качества и автоматизировать процесс определения качества программы.

Ключевые слова: качество программного обеспечения, критерии качества, нечеткая логика, система нечеткого вывода.

Введение

В настоящее время огромное количество программного обеспечения (ПО), имеющего сходное функциональное назначение, создает жесткую конкуренцию на рынке программной продукции. Качество ПО является решающим фактором при совершении выбора. Таким образом, в определении качества ПО заинтересованы не только его разработчики, но и потребители. Основой регламентирования показателей качества программных средств является международный стандарт ISO 9126:1993 «Информационная технология. Оценка программного продукта. Характеристики качества и руководство по их применению» [1]. Согласно данному стандарту качество ПО определяется как совокупность характеристик (функциональная пригодность, надежность, применимость, эффективность, сопровождаемость, переносимость), позволяющих удовлетворить потребности всех заинтересованных лиц.

Существует два подхода к определению качества ПО [2]: оценка внешних показателей, непосредственно наблюдаемых при испытаниях ПО, и оценка внутренних показателей качества, основанных на технологических свойствах программы. Пользователей же в большей степени интересуют именно внешние показатели. Например, если ПО позволяет выполнить требуемую функцию, то пользователю не важно, какой алгоритм заложен, и насколько сложным является текст программы. Внешние показатели зачастую являются не только количественными, но и качественными. Пользователи ПО не являются профессионалами в области его разработки. Поэтому для оценки его качества целесообразно использовать экспертное оценивание по

выбранным критериям. Так как экспертом является пользователь ПО, то ему проще формулировать свое решение не в числовой форме, а лингвистически. Именно этот факт и обусловил выбор в качестве инструмента оценки качества ПО нечеткую логику.

Целью данной статьи является разработка процедуры оценки качества программного обеспечения на этапе его эксплуатации с использованием экспертного оценивания критериев качества как входной информации для системы нечеткого вывода.

1. Выбор критериев экспертного оценивания качества ПО

В качестве примера рассмотрим программное обеспечение, которое представляет собой web-сервис хранения и обмена документами (“Соріа.org.ua”). В ходе данного эксперимента ограничимся лишь анализом качества данного ПО с точки зрения пользователя, т.е. качеством на этапе эксплуатации (quality in use). Стандарт ISO 9126:1993 (часть 4) предлагает систему из четырех критериев (атрибутов):

1. Результативность (effectiveness) – способность ПО обеспечивать пользователям возможность достигать определенные цели с точностью и полнотой в заданном контексте использования.

2. Продуктивность (productivity) – способность ПО обеспечивать пользователям возможность расходовать количество ресурсов, соответствующее результативности, достигаемой в заданном контексте использования.

3. Безопасность (safety) – способность ПО достигать приемлемых уровней риска причинения вреда людям, бизнесу, другому программному обес-

печению при соответствующем контексте использования.

4. Соответствие ожиданиям (satisfaction) – способность ПО удовлетворять запросы пользователя в заданном контексте использования.

Специфика рассматриваемого программного обеспечения (web-сервис хранения и обмена документами) оказывает влияние на смысловую нагрузку каждого критерия.

Так для оценки результативности применим метод взвешенного суммирования, в котором нормированные величины параметров умножаются на соответствующие веса. В качестве параметров будут выступать наиболее важные функции, характерные для ПО данного класса, полнота и точность реализации которых оценивается по 10-бальной шкале: F_1 – загрузка/выгрузка документов; F_2 – управление доступом к файлам; F_3 – регистрация/авторизация; F_4 – поиск по файлам пользователей. Далее проранжируем эти функции в порядке возрастания важности, присваивая каждому критерию вес, начиная от менее важной (вес равен 1) и заканчивая самой важной функцией (вес равен 4) с точки зрения пользователя ($F_4=1, F_3=2, F_2=3, F_1=4$).

Теперь, оценив полноту и точность каждой функции, подставим эти значения в следующее выражение и получим оценку результативности ПО ($\max=100$ баллов): $4 \cdot F_1 + 3 \cdot F_2 + 2 \cdot F_3 + F_4$.

Шкала оценивания результативности:

- низкий уровень (0 – 70 б.);
- средний уровень (55 – 85 б.);
- высокий уровень (70 – 100 б.).

Для оценки продуктивности данного класса программ (файлообменный сервис) будем использовать время реакции (отклика) сервиса на запросы при решении главной функциональной задачи (в секундах): t_{upload} – время выгрузки файла размером 1 МБ со скоростью Интернет соединения 1,2 МБит/сек.; t_{download} – время загрузки файла размером 1 МБ со скоростью Интернет соединения 3,7 МБит/сек.

Измеряем время t_{upload} и t_{download} , нормируя эти значения по шкале от 0 до 100 баллов. Для нормализации воспользуемся следующей формулой:

$$t' = 100 - [(t_{\max} - t_{\min}) \cdot (t - t_{\min})], \quad (1)$$

где t_{\min} – минимально возможное время загрузки (выгрузки); t_{\max} – максимально допустимое время загрузки (выгрузки).

Подставив нормированные значения в следующее выражение, получим оценку продуктивности ПО ($\max=100$ баллов): $(t'_{\text{download}} + t'_{\text{upload}}) / 2$.

Шкала оценивания продуктивности:

- низкий уровень (0 – 40 б.);
- средний уровень (30 – 70 б.);
- высокий уровень (60 – 100 б.).

При анализе безопасности необходимо определить уровень риска (R), т.е. потенциального ущерба, который может быть нанесен пользователю в результате использования данного сервиса. Для установления величины риска необходимо использовать комбинацию принимаемых значений для величин вероятности (0 – 10 баллов) и тяжести последствий (0 – 10 баллов (табл. 1).

Таблица 1
Количественная оценка риска R

Тяжесть последствий	Вероятность возникновения
Хищение конфиденциальных данных для коммерческих целей (10 баллов)	10 раз/100 ч. (10 баллов)
Хищение конфиденциальных данных для некоммерческих целей (9 баллов)	9 раз/100 ч. (9 баллов)
Хищение персональной идентификационной информации с целью причинения материального ущерба (8 баллов)	8 раз /100 ч. (8 баллов)
Хищение персональной идентификационной информации с целью причинения морального ущерба (7 баллов)	7 раз/100 ч. (7 баллов)
Несанкционированная модификация, приводящая к нарушению целостности данных с целью причинения материального ущерба (6 баллов)	6 раз/100 ч. (6 баллов)
Несанкционированная модификация, приводящая к нарушению целостности данных с целью причинения морального ущерба (5 баллов)	5 раз/100 ч. (5 баллов)
Временная потеря доступа к данным (4 балла)	4 раз/100 ч. (4 балла)
Несанкционированное изменение имени файлов с целью их сокрытия (3 балла)	3 раз/100 ч. (3 балла)
Потеря невозможных личных данных в результате сбоя в работе сервиса (2 балла)	2 раз/100 ч. (2 балла)
Потеря восстанавливаемых личных данных в результате сбоя в работе сервиса (1 балл)	1 раз/100 ч. (1 балл)
Нет последствий (0 баллов)	0 раз/100 ч. (0 баллов)

Уровень риска R определяется путем перемножение баллов, в которых оценивается тяжесть последствия на баллы, в которых оценивается веро-

ятность возникновения этих последствий. Таким образом, значения R будут находиться в диапазоне $[0; 100]$. Тогда уровень безопасности имеет обратную зависимость от уровня риска:

- высокий уровень: $0 < R < 30$ (0 – 30 б.);
- средний уровень: $20 < R < 80$ (20 – 80 б.);
- низкий уровень: $50 < R < 100$ (50 – 100 б.).

Под критерием «соответствие ожиданиям» будем понимать комфортность эксплуатации web-сервиса. Наличие той или иной особенности, влияющей на данный критерий, оценивается максимум в 20 баллов (табл. 2).

Таблица 2
Оценка «соответствия ожиданиям»

Параметры, влияющие на критерий	Баллы
Докачка после обрыва связи (Π_1)	20
Скачивание в несколько потоков (Π_2)	20
Загрузка группы файлов (Π_3)	20
Срок хранения на бесплатном аккаунте: < 7 дней (Π_4^1)	10
7– 15 дней (Π_4^2)	15
> 30 дней (Π_4^3)	20
Объем загружаемого файла: < 1 ГБ (Π_5^1)	10
1– 2 ГБ (Π_5^2)	15
> 10 ГБ (Π_5^3)	20

Оценка критерия «соответствие ожиданиям» определяется как сумма всех баллов по всем параметрам. Шкала оценивания (0 – 100 баллов):

- низкий уровень (0 – 40 б.);
- средний уровень: (30 – 70 б.);
- высокий уровень: (60 – 100 б.).

2. Система поддержки принятия решения о качестве ПО

Так как рассматриваемые атрибуты программы относятся к качественным характеристикам, то для оценки применяется метод экспертных оценок, который заключается в следующем: эксперт (пользователь) в результате изучения представленной документации и самой программы составляет свое

мнение о соответствии ПО требуемым критериям качества. При этом каждый признак качества должен быть представлен в виде лингвистической переменной (ЛП), значениями которой являются имена нечетких термов [3].

Таким образом, получим четыре входных ЛП (оценка критериев, ОК) «результативность» (ОК_1), «продуктивность» (ОК_2), «безопасность» (ОК_3) и «соответствие ожиданиям» (ОК_4) и одну выходную переменную «качество ПО» ($K_{\text{ПО}}$). Параметры ЛП приведены в табл. 3.

Таблица 3
Параметры термов всех ЛП

Название ЛП	Термы	Диапазоны	
Результативность	Н	0	70
	С	55	85
	В	70	100
Продуктивность	Н	0	40
	С	30	70
	В	60	100
Безопасность	Н	0	30
	С	20	80
	В	50	100
Соответствие ожиданиям	Н	0	40
	С	30	70
	В	60	100
Качество ПО	ОН	0	25
	Н	15	45
	С	35	65
	Д	55	85
	В	75	100

Эксперты предложили набор продукционных правил (76 правил), подход к созданию которых изложен в [4], как основу для работы системы поддержки принятия решения о качестве ПО. Учитывая большой объем правил, приведем в качестве примера лишь несколько из них (рис. 1).

Тип функций принадлежности (ФП) измеряемых величин (ЛП) выбирается экспертом на основе предположений о свойствах этих функций (симметричность, монотонность и т.д.) с учетом специфики их распределения. Это могут быть как стандартные формы ФП (гауссова, треугольная, трапециевидная, S- или Z-функции), так и их комбинации.

- | |
|--|
| <p>1. If (ОК_1 is Н) and (ОК_2 is Н) and (ОК_3 is Н) and (ОК_4 is Н) then ($K_{\text{ПО}}$ is ОН)
 2. If (ОК_1 is Н) and (ОК_2 is Н) and (ОК_3 is Н) and (ОК_4 is С) then ($K_{\text{ПО}}$ is Н)

 16. If (ОК_1 is С) and (ОК_2 is С) and (ОК_3 is С) then ($K_{\text{ПО}}$ is С)

 62. If (ОК_1 is В) and (ОК_2 is В) and (ОК_3 is В) and (ОК_4 is С) then ($K_{\text{ПО}}$ is Д)

 76. If (ОК_1 is В) and (ОК_2 is В) and (ОК_3 is В) and (ОК_4 is В) then ($K_{\text{ПО}}$ is В)</p> |
|--|

Рис. 1. Набор продукционных правил

3. Результаты работы системы поддержки принятия решения

В ходе динамического тестирования, когда тестирование выполняется на функциональных режимах в реальном масштабе времени, экспертом было установлено следующее.

Функциональность сервиса полная, однако, возникают небольшие трудности при управлении доступом файлов (8 баллов из 10) и при регистрации (8 баллов из 10), а механизм поиска на сайте выдает файлы, нерелевантные запросу (5 баллов из 10):

$$4 \cdot F_1 + 3 \cdot F_2 + 2 \cdot F_3 + F_4 = 40 + 24 + 16 + 5 = 85 \text{ б.}$$

Время загрузки/выгрузки файла размером 1 МБ при скорости 3,7 Мбит/сек. и 1,2 Мбит/сек. соответственно определяется пользователем при помощи секундомера: $t_{\text{upload}} = 3,4 \text{ сек.}$, $t_{\text{download}} = 8 \text{ сек.}$

Выполнив нормирование по формуле (1) получим $t'_{\text{download}} = 88 \text{ баллов}$, $t'_{\text{upload}} = 86 \text{ баллов}$. Тогда оценка продуктивности: $(88 + 86) / 2 = 87 \text{ баллов}$.

Безопасность сервиса определяется тем фактом, что в течение 100 часов эксплуатации сервиса 3 раза было отмечено хищение персональной идентификационной информации с целью причинения морального ущерба. Таким образом, имеем уровень риска $R = 3 \cdot 7 = 21 \text{ балл}$, что соответствует 21 баллу надежности.

Факторы, влияющие на ожидания пользователя, оценены следующим образом:

$$П_1 = 0 \text{ баллов,}$$

$$П_2 = 0 \text{ баллов,}$$

$$П_3 = 20 \text{ баллов,}$$

$$П_4^2 = 15 \text{ баллов,}$$

$$П_5^1 = 10 \text{ баллов.}$$

Таким образом, суммарная оценка по критерию «соответствие ожиданиям» равна 45 баллам.

Итак, результаты экспертного оценивания данного ПО: «ОК_1» = 85 баллов, «ОК_2» = 87 баллов, «ОК_3» = 21 балл, «ОК_4» = 45 баллов.

В качестве алгоритма нечеткого вывода был выбран алгоритм Мамдани, где на этапе аккумуляции использовался метод граничной суммы и метод максимума, а в качестве метода дефаззификации – метод «центра тяжести». Для анализа результатов диагностирования использовалась математическая система Matlab 7.5, а именно, специальный пакет нечеткого вывода Fuzzy Logic Toolbox (лицензия № 532868 на продукт MathworkAcademic).

В табл. 4 приведены нечеткие множества и результаты дефаззификации для двух методов аккумуляции.

Таблица 4

Результаты системы нечеткого вывода

Метод аккумуляции	
max	sum
57,8	58,2

При использовании операции максимума в качестве метода аккумуляции система нечеткого вывода выдала следующие результаты: «К_{ПО}» = 57,8 баллов, что с большей степенью ($\mu_C(57,8) \approx 0,60$) принадлежит среднему уровню (С) качества ПО. А при использовании операции граничной суммы «К_{ПО}» = 58,2 баллов, что также с большей степенью ($\mu_C(58,2) \approx 0,57$) принадлежит среднему уровню (С) качества ПО.

Выводы

Определение качества ПО является сложной задачей, несмотря на наличие ряда стандартов, и может трактоваться по-разному, в зависимости от ситуации. Такая субъективность при определении качества ПО и обусловила использование аппарата нечеткого вывода в качестве основы для работы системы поддержки принятия решения.

Предложенный подход позволил оперировать не только количественными, но и качественными критериями качества ПО, что позволило получить интегральный показатель его качества на этапе эксплуатации.

Литература

- ГОСТ Р ISO/МЭК 9126-93. Информационная технология. Оценка программной продукции. Характеристики качества и руководства по их применению [Текст]. – М.: Изд-во стандартов ордена «Знак почета», 1993. – 15 с.
- Антошина, И.В. Основные тенденции оценивания качества программных средств [Текст] / И.В. Антошина, В.Г. Домрачев, И.В. Ретинская // Информационные технологии в менеджменте качества и инновационном менеджменте. – 2004. – № 1. – С. 70 – 75.
- Штовба, С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику [Текст] / С.Д. Штовба. – Винница: Изд-во винницкого государственного технического университета, 2001. – 198 с.
- Нечеткая логика в экспертной оценке ИКТ-компетентностей / Г.Ф. Кривуля, А.С. Шкиль, Д.Е. Кучеренко, Е.В. Гаркуша // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2011. – № 2 (41). – С. 13 – 22.

Поступила в редакцію 8.02.2013, рассмотрена на редколлегии 6.03.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф., зав. каф. компьютерных систем и сетей В.С. Харченко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

ЕКСПЕРТНЕ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Г.Ф. Кривуля, О.С. Шкіль, Д.Ю. Кучеренко

У статті розглянута проблема визначення якості програмного забезпечення на етапі його експлуатації за допомогою системи підтримки прийняття рішення. Для отримання інтегрального показника якості програми запропоновано використовувати експертне оцінювання його кількісних та якісних характеристик (критеріїв якості). Саме факт наявності якісних критеріїв, які складно піддаються чисельної оцінки, і зумовив вибір нечіткої логіки в якості апарату. Застосування системи нечіткого виводу як основи для роботи системи підтримки прийняття рішення дало можливість автоматизувати процес визначення якості.

Ключові слова: якість програмного забезпечення, критерії якості, нечітка логіка, система нечіткого вивода.

EXPERT ASSESSMENT FOR SOFTWARE PRODUCT QUALITY DEFINITION

G.F. Krivoulya, A.S. Shkil, D.E. Kucherenko

The problem of the software product quality definition during its exploitation by decision support system was considered in the article. To obtain an integral indicator of the software quality, the expert assessment of its quantitative and qualitative characteristics (quality criteria) was offered to use. The complexity of the numerical evaluation of the quality criteria determined the choice of the fuzzy logic as a instrument. The application of the fuzzy logic as a basis for the decision support system has made it possible to automate the process of the quality definition.

Key words: software quality, quality criteria, fuzzy logic, fuzzy inference system.

Кривуля Геннадий Федорович – д-р техн. наук, профессор кафедры автоматизации проектирования вычислительной техники, Харьковского национального университета радиоэлектроники, Харьков, Украина, e-mail: krivoulya@i.ua.

Шкіль Александр Сергеевич – канд. техн. наук, доцент кафедры автоматизации проектирования вычислительной техники, Харьковского национального университета радиоэлектроники, Харьков, Украина, e-mail: shkil@opentest.com.ua.

Кучеренко Дария Ефимовна – аспирантка кафедры автоматизации проектирования вычислительной техники, Харьковского национального университета радиоэлектроники, Харьков, Украина, e-mail: d_zin@ukr.net.