Харківський національний університет радіоелектроніки

Наукова бібліотека ХНУРЕ
Видатні науковці

Хаханов Володимир Іванович

Біобібліографічний покажчик

Харків
2015

ББК Ч75
Х 12
УДК 681.326.519.713

Упорядник Чижевська Л. М.
Відповідальний редактор Аврамова І. П.

Хаханов Володимир Іванович : біобібліографічний покажчик / упоряд. Л. М. Чижевська ; відп. ред. І. П. Аврамова. – Харків : ХНУРЕ, 2015. – 272 с. – (Видатні науковці).

ББК Ч75
УДК 681.326.519.713

Наукова бібліотека ХНУРЕ
2015

Зміст

Передмова……4

Профайл……....6

Автобіографія й автобіографічний нарис……..9

Cyber Physical Systems «Smart Cyber University» – путь в европейскую науку и образование.....12

Киберфизическая система – «Облачное управление транспортом»……47

Кубитные структуры данных вычислительных устройств……....83

Кубитные методы диагностирования и моделирования цифровых систем...108

TABA Method for Diagnosing SoC HDL-model.....126

Зеленому городу – зеленый европейский университет…….....139

Хронологічний покажчик праць. проф. В. І. Хаханова.....145

Наукова школа проф. Хаханова В. І.....240

Дисертації, виконані під керівництвом проф. В. І. Хаханова.....242

Іменний покажчик співавторів праць проф. В. І. Хаханова.....247

Нагороди та відзнаки.....256

Фотододаток 265

Передмова

Біобібліографічний покажчик відображає праці В. І. Хаханова, доктора технічних наук, професора кафедри автоматизації проектування обчислювальної техніки Харківського національного університету радіоелектроніки, декана факультету комп'ютерної інженерії й управління, IEEE Computer Society Senior and Golden Core Member, академіка Академії наук прикладної радіоелектроніки.

Метою даного покажчика є ознайомлення читачів з багатоплановою науковою діяльністю професора В. І. Хаханова, відображення його праць, створених більш ніж за 35 років плідної роботи в ХНУРЕ. До складу покажчика увійшли як опубліковані документи (монографії, підручники та навчальні посібники, статті з періодичних видань, матеріали конференцій і семінарів, авторські свідоцтва та патенти), так і неопубліковані (депоновані рукописи, звіти про НДР, дисертації й автореферати тощо).

Бібліографічні описи розташовані в хронологічному порядку, що надає можливість простежити динаміку розвитку наукових досліджень вченого, у межах року – за видами видань (всередені – в алфавіті назв документів). Публікації іноземними мовами представлені наприкінці кожного підрозділу.

Бібліографічний опис надано згідно ДСТУ ГОСТ 7.1:2006 «Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання», ДСТУ 3582:2013 «Скорочення слів і словосполучень українською мовою. Загальні вимоги та правила», а також ГОСТ Р 7.0.12–2011 «Библиографическая запись. Сокращения слов и словосочетаний на русском языке. Общие требования и правила» і ГОСТ 7.11–2004 (ИСО 832:1994) «Библиографическая запись. Сокращение слов и словосочетаний на иностранных европейских языках». Усі матеріали переглянуто de visu, окрім відмічених астериском «*».

До складу покажчика увійшли окремі роботи В. І. Хаханова зі списками використаної літератури, відібрані за бажанням автора, та його автобіографія разом з автобіографічним нарисом. Також додаються відскановані грамоти й інші нагороди.

На допомогу у роботі з виданням створено іменний покажчик співавторів праць. Також представлена наукова школа проф. В. І. Хаханова та надані описи дисертацій, виконаних під його керівництвом.

Видання адресоване науковцям, викладачам, аспірантам – усім, хто цікавиться дослідженнями у сфері комп’ютерної та програмної інженерії.

ПРОФАЙЛ

Хаханов Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры АПВТ Харьковского национального университета радиоэлектроники (ХНУРЭ), декан факультета компьютерной инженерии и управления с 2003 года, IEEE Computer Society Senior and Golden Core Member, академик Академии наук Прикладной радиоэлектроники.

Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14.

Служебный тел. (+380)-57-7021326.
Cells: (+380)-50-2782198, (+380)-95-1942847.

Skype hahanov

E-mail: hahanov@kture.kharkov.ua, hahanov@icloud.com

1. Образование и учебная работа

1996 – доктор технических наук, Харьковский государственный технический университет радиоэлектроники, специальности: 05.13.08 – вычислительные машины, системы и сети, элементы и устройства вычислительной техники и систем управления; 05.13.02 – математическое моделирование в научных исследованиях. Тема диссертации – «Модели цифровых и микропроцессорных структур и методы их анализа в системе диагностического обслуживания». 1997 – профессор кафедры автоматизации проектирования вычислительной техники ХНУРЭ.

1985 – кандидат технических наук, Харьковский институт радиоэлектроники, специальность – управление в технических системах. Тема диссертации – «Модели цифровых устройств и методы их анализа в автоматизированной системе диагностического обеспечения». 1988 – доцент кафедры вычислительной техники ХИРЭ.

1978 – инженер-системотехник, Харьковский институт радиоэлектроники, специальность – автоматизированные системы управления. Тема дипломной работы – «Автоматическая система контроля цифровых устройств».

Лекционные курсы: «Цифровые вычислительные машины»; «Логическое моделирование», «Диагностика ЭВМ и систем», «Электронные вычислительные машины»; «Специальные разделы математики»; «Основы дискретной математики»; «Сертификация и верификация компьютерных систем и программных продуктов»; «Тестирование и оптимизация компьютерных систем и сетей», «Основы автоматизации проектирования цифровых систем на кристаллах», «Квантовые структуры и вычисления», «Design and Testing of Computer Systems» – in English.

2. Научная работа

Научные интересы: компьютерная и программная инженерия систем, сетей и киберпространства, метрика и технологии анализа кибернетического пространства, облачные вычисления, структуры и сервисы, виртуальные и квантовые компьютеры, мозгоподобные и квантовые вычислительные процессы, интеллектуальное облачное управление дорожным движением, техническая диагностика компьютерных систем и сетей на кристаллах, верификация программных и аппаратных продуктов. Руководитель научной школы «Проектирование и тестирование компьютерных систем и сетей».

Научные и технические достижения. 1) Облачные интеллектуальные технологии мониторинга и управления инфраструктурой дорожного движения. 2) Технологии синтеза и анализа цифровых систем на кристаллах. 3) Двухтактное кубическое исчисление и квантовые модели анализа и синтеза вычислительных структур и функциональностей. 4) Модели и методы ассерционного тестирования и верификации программных и аппаратных компонентов SoC. 5) Технологии и метрики анализа информационного пространства на основе ассоциативных вычислительных структур. 6) Модели и методы мозгоподобных и квантовых вычислительных процессов для анализа киберпространства.

Подготовка кадров. Научная школа. Научный руководитель **3-х** докторов наук (Елисеев В.В., Чумаченко С.В., Литвинова Е.И.) и **25** кандидатов наук (Монжаренко И.В., Ханько В.В., Ковалев Е.В., Масуд Мехеди, Хак Джахирул, Абу Занунех Халиль, Скворцова О.Б., Сысенко И.Ю., Бережная М.А., Колесников К.В., Егоров А.А., Гузь О.А., Ваде Гриби, Хассан Ктейман, Каминская М.А., Каменюка Е.А., Парфентий А.Н., Побеженко И.А., Зайченко С.А., Кристофер Нгене, Ив Тиекура, Филиппенко И.А., Мурад Али Аббас, Герасименко К.Е., Аммар Авни Аббас) по специальностям: «Системы автоматизации проектирования», «Компьютерные системы и компоненты».

3. Публикации и патенты

Список научных трудов включает: 500 публикаций, в том числе 14 книг (учебник, 5 учебных пособий и 8 монографий), 3 изобретения.

4. Общественная и международная деятельность

Ответственный редактор научно-технического журнала «Радиоэлектроника и информатика» и научно-технического сборника «АСУ и приборы автоматики». Член двух специализированных советов по защите докторских диссертаций: «Системы автоматизации проектных работ», «Компьютерные системы и компоненты». Председатель международного ежегодного симпозиума «IEEE East-West Design & Test» с 2003 года. Член 27 редколлегий зарубежных журналов, организационных и программных комитетов международных конференций. Член общества IEEE Computer Society с 2001

года. Senior and Golden Core Member of IEEE Computer Society с 2011 года. Научный консультант корпораций Aldec, USA, Echostar, USA, DataArt Lab, Kaspersky Lab. Руководитель студенческого научного клуба Club Elite Teaching «Aldec». Руководитель университетского научно-технологического семинара «High-Tech». Член Международного Комитета по присуждению Премий Мирового Признания в области Global IT. Руководитель двух международных проектов, включая TEMPUS, выигранных в 2012 году, для создания в Украине специальности Embedded Microsystems. Руководитель и исполнитель 27 хоздоговорных и госбюджетных научно-исследовательских тем.

5. Public relation

Участник 37 целевых телевизионных программ за последние 10 лет в Харькове (7 канал, ОТБ, Фаворит), Москве, Ленинграде, Ереване, Бухаресте, BBC (Великобритания), Ростове-на-Дону, Севастополе, Сочи, Алуште, Одессе, посвященных результатам волонтерской, научной и образовательной деятельности.

6. Награды и премии

Дипломант конкурсов «Лучший ученый Харьковщины» 2000 и 2001 годов; победитель конкурса проектов фирмы Intel в области Design Automation 2003 года; «Отличник образования Украины», 2005 год, IEEE Recognition Award, 2005; IEEE Gerald W. Gordon Award, 2005; IEEE диплом – за организацию и проведение международных конференций, 2005; IEEE Computer Society Golden Core Member, 2006 год. Медаль Лауреата конкурса «Харьковчанин 2005 года», дипломы IEEE Computer Society за мировое признание 2006 и 2007 годов, диплом и наградные часы от Президента Украины, 2006. Диплом победителя конкурса «Харьков – лучшие имена» в номинации «Лучший декан», 2008 года. Награда «Computer Society Outstanding Contribution Award» от Президента Общества IEEE. Медаль Украины «За научные достижения», 2009, золотая медаль от АН ПРЭ, 2010. Золотая медаль и диплом первой степени за проект «Intelligent Cloud Traffic Control» областного конкурса «IT-Харьков 2014».

7. Другие сведения. Родился 27 февраля 1953 года. Четверо детей. Увлечения: автопутешествия, баскетбол, волейбол, горные лыжи, футбол, теннис, театр. Владею языками: русский, украинский, английский, немецкий. Находясь в резерве ректора с 2004 года, проходил стажировки по управлению университетом на курсах, организованных Министерством образования и науки, а также в университетах Швеции, Норвегии, Италии, Польши, США и Франции.

Автобиография

Родился 27 февраля 1953 года в поселке Карымская Читинской области. Мои родители: Отец – Хаханов Иван Стефанович, 1918 года рождения (умер в 1995 году), 3 класса образования, рабочий, воевал в пехоте с 1942 по 1945 годы, закончил войну в Берлине. Мать, Хаханова (Волкова) Анна Павловна, 1923 года рождения (умерла в 2002 году), 7 классов образования, воевала радистом с 1942 по 1945 годы, была ранена в руку миной, закончила войну в Праге. Мой брат, Хаханов Вячеслав Иванович, 1945 года рождения (умер в 2010 году), закончил Читинский техникум железнодорожного транспорта, имеет двух дочерей. Моя сестра, Лукьянченко Лариса Ивановна, 1947 года рождения, закончила ХГУ имени А.М. Горького, имеет двух сыновей.

1961 год – поступил в первый класс Карымской средней школы № 43, где я проучился до октября 1963 года.

1963 год, октябрь – поступил в 3-й класс средней школы номер 58 города Гулькевичи Краснодарского края, после переезда родителей на постоянное место жительства, где проучился до 8-го класса, после чего, в 1968 году, был переведен в новую среднюю школу № 7.

1970 год – закончил 10 классов средней школы № 7 и после неудачной попытки стать студентом ХИРЭ поступил на завод железобетонных изделий № 4 города Гулькевичи учеником электромонтера, где проработал до мая 1971 года и был уволен электромотером третьего разряда в связи с призывом в армию.

1971 год, май – 1973 год, июнь – служба в Пограничных Войсках СССР, откуда был уволен старшим сержантом в должности начальника радиостанции средней мощности.

1973 год – поступил в ХИРЭ на факультет Систем управления, который закончил с отличием в 1978 году.

1978 год – по окончании института был распределен на должность инженера научно-исследовательского сектора по кафедре вычислительной техники ХИРЭ.

1981 год – зачислен на должность младшего научного сотрудника научно-исследовательского сектора ХИРЭ.

1983 год – зачислен на должность старшего научного сотрудника научно-исследовательского сектора ХИРЭ.

1985 год – защитил кандидатскую диссертацию по техническим наукам.

1988 год – зачислен на должность доцента кафедры вычислительной техники ХИРЭ.

1996 год – защитил докторскую диссертацию по техническим наукам.

1997 год – зачислен на должность профессора кафедры автоматизации проектирования вычислительной техники ХТУРЭ.

2003 год – зачислен на должность декана факультета КИУ ХНУРЭ, где работаю по настоящее время.

Женат, жена – Хаханова (Монжаренко) Ирина Витальевна, 1971 года рождения, имею 4-х детей: Хаханова Анна Владимировна, 1978 года

рождения, Хаханова Юлия Владимировна, 1991 года рождения, Хаханова Анастасия Владимировна, 1996 года рождения, Хаханов Иван Владимирович, 1997 года рождения.

Автобиографический очерк

Родился я в Забайкалье, 27 февраля 1953 года, недалеко от Читы, в замечательном поселке Карымская, на берегу реки Ингода, которая для меня является самой красивой рекой в мире. Хотя сегодня она представляет собой не кристально чистую воду и покрытые мусором берега, так по-варварски обходятся с ней жители долины от Читы до Шилки. Был там в июле 2010 года, через 47 лет после того, как осенью 1963 года мои родители решили сменить фантастически вкусную картошку, грибы и голубицу на кубанские яблоки и арбузы, переехав в город Гулькевичи Краснодарского края.

Учился я в Карымской школе номер 43, где первым учителем у меня была Галина Захаровна Мардашова, с которой я имел счастье увидеться после 47 лет «разлуки». Она пыталась вспомнить меня, но ей это слабо удавалось, поэтому встреча получилась без наличия общих интересов для воспоминаний, хотя для меня она так и осталась экспрессивной молодой училкой, которая ставила мне пятерки по всем предметам. Я же думал, что на самом деле я такой умный и талантливый.

После переезда на Кубань, в октябре 1963 года, я поступил в школу номер 58 города Гулькевичи к учительнице Сахаровой Надежде Ивановне, которая с завидным упорством начала мне ставить по всем предметам двойки. Почему-то я сам догадался через месяц, что мои пятерки в Сибири равны двойкам на Кубани, что побудило меня изменить отношение к учебе в сторону увеличения времени сидения за книжками с 10 минут до двадцати. Результаты появились уже через два месяца, а в декабре я закончил четверть только с пятерками в табеле к великому удовольствию мамы. Мой папка не очень вникал в учебный процесс, за что я бесконечно благодарен ему, это делало меня самостоятельным и ответственным за свои собственые достижения. Мама интересовалась моими практически всегда отличными успехами в учебе и расписывалась в дневнике, где иногда были замечания относительно моего поведения. Вообще-то я вел двойную жизнь, как и все в городе, до обеда мы – примерные ученики в школе, а после 4 часов вечера наша жизнь превращалась в блатные, полукриминальные приключения с постоянными драками наших с чужими. Это был своего рода спорт: рогатки. самопалы, опасные игры с оружием, порохом, взрывчаткой, перестрелки, иногда рыбалка, но всегда с рыбой, которую я по жизни люблю. Много играли в карты, это развивало нас, много читал книг о войне, с трудом заставлял себя просматривать классику, отдавая дань учительским требованиям. Курить считалось обязательным атрибутом нормальной уличной жизни, за что я регулярно получал от мамы порции ремня и каялся, что больше не буду. Воровали арбузы с машин, яблоки из садов, кукурузу с полей – все, как у нормальных подростков того голодного времени, когда

белый хлеб с маслом, да еще посыпанный сахаром, считался вершиной вкусняшки, с которой обязательно мы выходили на улицу, чтобы съесть ее, поделившись с товарищами.

Ответственным за выбор моего будущего я считаю Бориса Михайловича Лукьянченко, мужа моей сестры Ларисы, который отговорил меня поступать на «немецкий язык» в университет ХГУ и пойти в ХИРЭ, который в 1970-м году был олицетворением высокой науки и романтики исследований. Самым красивым было название факультета «Автоматика и телемеханика», впоследствии АСУ, куда я начал поступать в 1970-м году, а закончил в 1973-м, уже после службы в Пограничных Войсках СССР.

Хорошо это или плохо, но вся моя сознательная и творческая жизнь связана с ХИРЭ, начиная с 1973 года и по сейчас. Чувство гордости за принадлежность к великому институту не угасало, когда я был студентом, инженером, научным сотрудником, кандидатом наук и доцентом, доктором наук и профессором. Но становилось обидно за «державу», когда вдруг стал замечать, что вопросы, как-то решаемые руководством, я бы разрулил более эффективно для пользы университета. Такой внутренний дискомфорт я постоянно пытался устранять путем аргументированного доказательства своей точки зрения перед руководством. Но понял, что меня не желают слышать, сиди на своем месте и не высовывайся: у нас все хорошо, здоровье наше хорошее и нам ничего не нужно! Человек привыкает к своему «монастырю», но если он много путешествует по университетам мира, то невольно начинаются сравнения и не всегда в пользу своего дома. Тогда хочется построить лучше, чем у соседа, но не дают ведь. Поэтому единственный путь реализиции конструктивных идей сегодня я вижу таким – стать лицом, принимающим решения. По жизни я не боюсь делать ошибки, поскольку предварительно выношу идеи на суд коллег и друзей, заставляю себя изменить мнение при весомых аргументах со стороны оппонентов. Затягивание времени для конструктивного решения вопроса губит дело: быстрое решение лучше правильного!

Cyber Physical Systems “Smart Cyber University” – путь в европейскую науку и образование

Владимир Хаханов

Аннотация. Предлагается фундаментальное решение актуальной, для экономического, социального и технологического будущего университета проблемы устранения неуставных отношений путем формирования и реализации программы «Создание киберфизического пространства цифрового мониторинга технологических научно-образовательных процессов и оптимального управления ресурсами в рамках Smart Cyber University (SCU) для достижения социально значимых целей». Технология киберуправления (human-free) социальными (кадры и финансы) ресурсами имеет два облачных сервиса: 1) распределение государственных заказов и финансов между структурными подразделениями на основе соревнования матриц их компетенций по заданным метрикам; 2) распределение кадровых вакансий путем соревнования матриц компетенций претендентов по заданным метрикам. Метрика компетенций – способ измерения расстояния между объектами или процессами на основе вектора параметров, формирующего пространство – матрицу компетенций человека или социальной группы в реальном времени. Матрица компетенций – модель интегральной деятельности и умений человека или социальной группы на заданной метрике и временном интервале. В качестве варианта реализации умного киберуниверситета рассматривается киберфизическая система управления кадровыми и финансовыми ресурсами для масштабируемых социальных групп Resources Cyber Physical Systems (RCPS). Облачный киберсервис, предоставляемый социальным группам, государственным структурам, университетам, частным компаниям и отдельным индивидуумам обеспечивает пожизненный мониторинг компетенций соответствующих субъектов в реальном времени для киберуправления персоналом (ресурсами) путем его адекватного карьерного, морального и материального стимулирования по результатам конструктивной деятельности. Киберсистема SCU ориентирована на тотальное уничтожение коррупции в действиях руководителей университета всех уровней путем исключения субъективизма в управлении временными, кадровыми и финансовыми ресурсами на основе передачи функций чиновников независимому облачному киберсервису управления. Система содержит два взаимодействующих друг с другом компонента: 1) накопительный мониторинг всех видов активности человека или социальной группы, формирующий в реальном времени матрицу компетенций; 2) оптимальное управление персоналом путем карьерного, морального и материального стимулирования индивидуумов и социальных образований на основе анализа и рейтингования соответствующих матриц

компетенций субъктов (объектов). Киберсистема основана на использовании технологий: Internet of Things, Smart Everything, Big Data, параллельных виртуальных процессоров и ориентирована на обслуживание индивидуумов и университетских структур. Для каждого субъекта генерируются две уникальные метрики компетенций: 1) эталон лучших показателей по каждой номинации профессиональной деятельности; 2) текущие матрицы компетенций всех субъектов, заполняемые в процессе их жизнедеятельности, которые ранжируются путем метрического сравнения результатов конструктивной активности с эталонными значениями.

1. Введение

Для качественной реализации определенных во времени и пространстве процессов, связанных с научной, образовательной, международной деятельностью университета, следует использовать пять системообразующих компонентов: 1) кадры, инфраструктуру, отношения, roadmap и управление. Все упомянутые компоненты подлежат измерению. Для этого существуют выработанные столетиями метрики качества работы ученых и научных институтов. Их следует использовать для генерирования прямых управляющих воздействий в целях морального и материального стимулирования деятельности ученых. Здесь интересны глобальные и непреходящие критерии оценки научно-образовательных результатов, такие как: международные премии, цитирование публикаций, дипломы за выставочную продукцию, используемые учебники и монографии, рыночно ориентированная продукция, открытия и патенты, международные и локальные гранты, подготовленные научные кадры, разработанные востребованные учебные курсы. Сегодня университеты выдумывют под себя фиктивные бумажные показатели, не имея стандарта по метрике оценивания научной и образовательной деятельности ученых и подразделений. Важнейшим образующим процессом в университете является наука, которая нуждается в современной формулировке. Наука – сфера человеческой деятельности, направленная на сбор и анализ фактов для получения объективных знаний об окружающей действительности в целях управления (прогнозирования) природными и общественными явлениями. Цель научной деятельности – эволюционный переход науки из стадии пассивного мониторинга и анализа к фазе активного управления общественными и физическими процессами для обеспечения качества жизни людей и сохранения экологии планеты. Данные определения существенны для изложения исследования, которое направлено на рациональное изменение общественной жизни путем исключения человека из системы управления неприродными процессами.

Анализ социальных отношений в странах третьего мира, связанный с развитием киберуправления, как ни парадоксально, вселяет уверенность, что вполне возможно и достаточно незатратно сделать государства свободными от коррупции. Тому есть объективные предпосылки, связанные с одной

стороны с нежеланием народов иметь нечестных чиновников, а с другой – наличием отдельных руководителей, искренне стремящихся покончить с основным фактором разрушения морально-этических отношений в обществе. Главный аргумент в пользу победы над коррупцией – появление в государственных структурах правильных зеленых ростков облачных технологий киберуправления (компьютерные системы тестирования знаний школьников и зачисления в университеты). Результат феноменальный: 1) сохранение в родительских бюджетах студентов миллиардов долларов, ранее уходящих в карманы университетских чиновников; 2) прием в лучшие университеты действительно талантливой молодежи с высокими баллами. Данная тема должна иметь экстенсивное продолжение – внедрение киберсоциальной культуры управления во все государственные структуры, распределяющие ресурсы, время, деньги и кадры.

Каждые четыре года локально меняется технология производства товаров и сервисов в определенном рыночном сегменте, которая требует переобучения кадров, смены инфраструктуры, системы управления и отношений, но главное – направления движения на рынке товаров и научно-образовательных услуг. Каждые 20 лет в передовых отраслях глобально меняются технологические уклады типовых производств, которые требуют миллиардных капиталовложений, неподъемных даже для лидеров в рыночных сегментах, формирующих основные капитал-индексы на Уолл-стрите. Это означает, что новый технологический уклад формируется только на основе взаимной кооперации тех компаний и стран, которые имеют свободные капиталы, подготовленные кадры и идеи, точно попадающие в “десятку” мишени рыночной моды следующего 20-летия. Именно сегодня компании и университеты третьих стран могут совершить технологический рывок на рынке товаров и услуг, включая самую модную тетраду (био- и нанотехнологии, искусственный интеллект и кибер-физическое пространство), формирующую важнейший киберсегмент Nasdaq-рынка на основе модных трендов: Internet of Things, Smart Everything, Cloud Computing, Big Data и сервисы для управления бизнесом и анализом данных, мобильные технологии и социальные медиа.

Здесь имеется в виду, что Cyber Physical System (CPS), представленная на рис. 1, есть совокупность коммуникационно связанных реальных и виртуальных компонентов с выраженными функциями адекватного физического цифрового мониторинга и оптимального облачного компьютерного киберуправления для обеспечения качества жизни, продукции, процессов или сервисов в заданных условиях ограничений на время и ресурсы. Иначе, CPS включает компоненты: Cyber Control, Internet of Things or Cloud, Security, Intelligence, Big Data and Services, Digital Monitoring, Cyber Managing, Physical Smart Everything, Nature, Social, and Tech World. Регуляторные отношения (Relationship) между компонентами CPS формируются законами, уставами предприятий и организаций, морально-этическими правилами поведения внутри социальной группы. Направление движения RoadMap – Harmony of Human, Nature and Tech киберфизической системы человечества можно

определить как достижение такого интегрального уровня развития всего многообразия киберфизических компонентов, который обеспечит гамонию жизни человека с природой и техникой (созданным миром – Created World). Гармония предполагает:

1) Создание кибер-интеллекта, который к 2050 году в глобальном масштабе должен позиционироваться как мозг человечества (Humanity Brain).

2) Цифровая идентификация всех физических процессов, объектов и трехмерного пространства с помощью технологий Internet of Things, Smart Everything and Big Data.

3) Особое значение здесь приобретает достаточно новая парадигма Big Data как – технологическая культура киберпространства, направленная на формирование динамически развивающейся киберфизической экосистемы планеты путем семантической структуризации больших потоков (объемов) гетерогенных данных на основе использования интеллектуальных специализированных мультипроцессоров (фильтров) параллельного мониторинга и метрического анализа информации для управления физическими и виртуальными процессами. При этом можно выделить несколько дифференцирующих принципов, характеризующих Big Data: Вместо структур данных с жесткими связями – адресная организация физических и виртуальных объектов и процессов. Вместо ручного ввода данных – использование Интернета как входа для киберсистемы: smart everything + internet of everything. Вместо вывода данных за пределы киберпространства – использование в качестве выхода киберсистемы Интернета и управляющих регуляторных воздействий cyber physical systems. Вместо технологий пассивного отображения реального и виртуального мира – киберфизические системы мониторинга и анализа данных для управления физическими и виртуальными процессами. Вместо универсальных и тяжеловесных систем сбора и анализа информации – специализированные виртуальные параллельные мультипроцессоры мониторинга и управления физическими и виртуальными процессами. Вместо хаоса статических данных и знаний в киберпространстве Интернета – постепенная семантическая структуризация динамических потоков больших данных киберфизических процессов и явлений для их эффективного мониторинга, анализа и управления. Вместо неупорядоченных данных, трудных для понимания и использования человеком или киберсистемой – умные, метрически ранжированные информационные структуры, ориентированные на принятие оптимального решения. Вместо обособленного развития реального и виртуального пространств – постепенное создание замкнутой киберфизической экосистемы планеты для совместного гармонического развития реального и виртуального миров.

4) Полная замена человека-менеджера киберoблачными сервисами управления социальными группами, биологическими, техническими и виртуальными объектами. Цель киберфизической системы – Human Long Life Quality – определяется качеством жизни человечества, социальных групп и каждого человека в гармонии с зеленой планетой и искусственным миром.

Цель, как выход CPS, функционально зависит от точного цифрового мониторинга и оптимального киберуправления виртуальными и физическими ресурсами, включающими время, деньги, кадры и материалы. Главным отличием предлагаемой масштабируемой киберфизической системы является отсутствие человеческого фактора в блоке управления (Cyber), что делает ее, при конструктивном и гуманном законотворчестве, справедливой, эффективной, оптимальной, надежной и защищенной от субъективных ошибок менеджера.

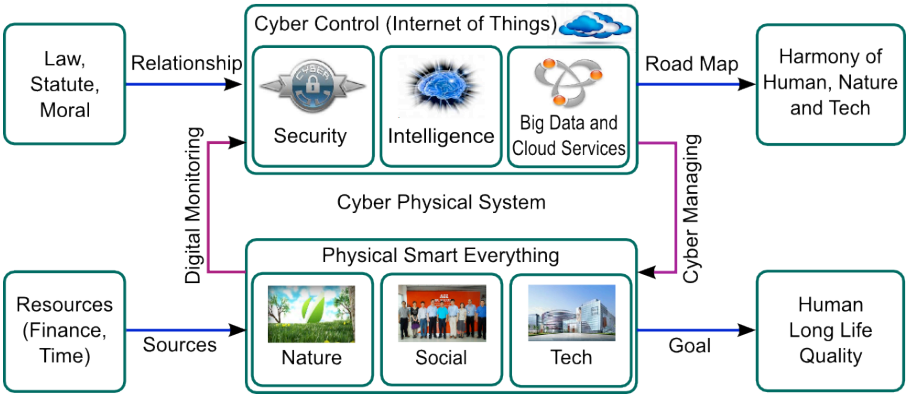


Рис. 1. Киберфизическая система управления неприродными процессами

Третьи страны мира должны присоединиться кадровым потенциалом к научно-технологической гонке евро-американо-азиатских компаний стран-лидеров, чтобы занять в будущем призовое место на пьедестале экономического роста планеты. Например, потенциал Украины составляет: кадры – 135 000 ученых, территория – 576 604 кв.км, научно-образовательная культура – 325 университетов, 1 700 000 студентов, 66 500 IT-компаний, 280 000 IT-работников, или 12 % от занятого населения. Для его использования в модном рыночном Cyber-Physical-направлении должна быть выработана политическая воля – система управляющих воздействий от парламента, создающая условия для формирования современной научно-технологической культуры.

Основная идея менеджментской инновации для третьих стран – создать масштабируемую облачную киберсистему управления материальными, кадровыми и финансовыми ресурсами, в которой не должно быть места чиновникам – носителям субъективизма, авторитаризма и коррупции. Иерархия приоритетов регулирования киберсистемы должна иметь вертикаль доминирования: 1) Морально-этические ценности человечества, уважительно объединяющие историю и культуру. 2) Конституции и законы, вырабатываемые парламентами профессиональных экспертов. 3) Киберсистемы управления, функционирующие по законам, которые регламентируют жизнедеятельность человека и социальных групп. В данной структуре нет места авторитаризму чиновников, которые субъективно интерпретируют моральные ценности и законы, фактически всегда нарушая их в части перераспределения времени, средств и кадров на основе коррупционных схем. Нет чиновника – нет коррупции! Непременно следует

ожидать, что человечество придет к триаде, формирующей алгоритмы кибердоминирования: “Мораль – Конституции – Киберсистема”. Предлагаемый проект посвящен созданию масштабируемой киберфизической системы, содержащей два механизма: 1) Управление (human-free) временем, материальными ресурсами, финансами, кадрами, отношениями и направлением движения социума. 2) Исполнение управляющих кибервоздействий, цель которых – обеспечение качества жизни человечества путем гуманного использования и распределения времени, финансов, ресурсов и кадров.

Рыночно-привлекательные глобальные проекты сегодня выполняются под эгидой объединения физического и виртуального пространства в единое целое. Кибер-физическое пространство (Cyber Physical Space) – метрика телекоммуникационного взаимодействия физических, биологических и социальных объектов, процессов и явлений с виртуальными или облачными (компьютерными) технологиями мониторинга и управления на основе использования Internet of Things & Smart Everything для достижения социально значимых целей. Оно призвано интегрировать наиболее перспективные киберфизические технологические решения: 1) Встроенный интерфейс непосредственной связи мозга человека с компьютером и/или киберпространством путем замены последовательных языковых интерфейсов на параллельные образные отношения. 2) Создание искусственного интеллекта для самообучения и самосовершенствования киберфизических структур, программ и процессов. 3) Нановыращивание компьютера путем аддитивного структурирования атомов. 4) Самое интересное решение связано с неотвратимостью естественного отказа человечества от функций управления биологическими, социальными и техническими объектами и процессами в пользу беспристрастных киберфизических систем!

Стадии эволюционирования киберпространства планеты иллюстрируют последовательные периоды перехода научно-технологической моды от пассивного мониторинга (отображения) физических, биологических и социальных процессов к активному киберуправлению на основе взаимодействия реальных и виртуальных структур: 1) 1980-е годы – формирование парка персональных компьютеров; 2) 1990-е годы – внедрение Интернет-технологий в производственные процессы и быт человека; 3) 2000-е годы – повышение качества жизни за счет повсеместного использования мобильных устройств и облачных сервисов; 4) 2010-е годы – создание цифровой инфраструктуры мониторинга, управления и взаимодействия между собой стационарных и движущихся объектов, включая воздушный, морской, наземный транспорт и роботов; 5) 2015-е годы – создание глобальной цифровой инфраструктуры киберпространства, где все процессы и явления идентифицируются во времени и в трехмерном пространстве, постепенно превращаясь в интеллектуальные компоненты мониторинга и управления киберфизического пространства (Internet of Things, Smart Everything, Cyber-Physical Systems). При этом достаточно ясно прослеживается процесс интеллектуализации и интеграции физических и

виртуальных систем: Embedded Systems – Networked Embedded Systems – Cyber Physical Systems – Internet of Things, Data and Services [5,36] для решения научных, технологических, экономических, политических и социальных проблем. Интересна статистика структуры Internet of Things: 2010 – 12,5 млрд. гаджетов имеют доступ к интернету; 2015 – 25 млрд; 2020 – 50 млрд. Конкретно, под структурно-технологическую дикцию киберфизических систем подпадают следующие отрасли: автомобильная промышленность, медицина, энергетика, автоматизация производства, мобильная связь, локация и навигация, сельское хозяйство, транспортная логистика, создание умных городов, зданий и домов, социальные сети и сообщества, организация дорожного движения, управление государственными структурами, экономическими, политическими, социальными, физическими и виртуальными процессами. Девять технических лидеров IEEE Computer Society [5] объединили усилия для прогнозирования будущего планеты, в которое включены 23 компьютерные технологии 2022 года. Сформирована кибермода на ближайшие 8 лет: 3D printing, big data and analytics, open intellectual property movement, massively online open courses, security cross-cutting issues, universal memory, 3D integrated circuits, photonics, cloud computing, com- putational biology and bioinformatics, device and nanotechnology, sustainability, high-performance computing, internet of things, life sciences, machine learning and intelligent systems, natural user interfaces, computer vision and pattern recognition, networking and interconnectivity, quantum computing, software-defined networks, multicore, and robotics for medical care.

2. Состояние проблемы

Существующие мировые аналоги управления ресурсами (время, материалы, кадры и финансы). Анализ современных публикаций по теме проекта выявил определенные закономерности, которые можно оформить в следующие выводы. 1) Киберфизические системы – самая актуальная и перспективная технология активного совершенствования планеты в части точного цифрового мониторинга и адекватного управления ресурсами для улучшения качества жизни каждого человека и изменения экономики и экологии планеты в сторону озеленения. Данной технологии посвящены тысячи публикаций в приоритетных зарубежных источниках, прежде всего в IEEE Xplore. Наблюдается особая активность ученых из Китая, Германии и США. Наиболее близкие по теме проекта статьи представлены в источниках [1-14], которые посвящены созданию киберфизического пространства планеты, но имеют один общий недостаток, связанный с наличием в системе управления человека, который всегда субъективно принимает ключевые решения. 2) Русскоязычные публикации не отличаются от англоязычных по существу, но их количество определяется десятками, что свидетельствует о наличии серьезной проблемы недостаточного внимания и мониторинга современных мировых трендов со стороны ученых славянского происхождения. 3) Сегодня уже активно работает европейская комиссия (Communications Networks,

Content and Technology, European Commission Directorate General) по массовому созданию CPS на основе встроенных систем и умных датчиков интернета, что является приоритетным направлением политики практически всех ведущих компаний планеты для изменения экономики, производства и общества благодаря нарождающейся культуре киберуправления. 4) Что касается аналогов CPS, то серьезные рыночно ориентированные разработки имеются в следующих компаниях: EIT ICT Labs, Lynntech, Intel, Robert Bosch Centre. Они рассматривают CPS как интеллектуальные технологические средства для выполнения физических операций на основе использования умных встроенных датчиков мониторинга и сбора данных от технологических процессов. Структуры CPS позволяют программным приложениям напрямую взаимодействовать с процессами в физическом мире, например, для измерения и коррекции артериального давления или пиков в потреблении электроэнергии, а в общем случае – для решения всех проблем реального мира. 5) Будущее CPS компании связывают с их внедрением: в систему охраны здоровья, управления обществом, ресурсами, транспортными средствами, возобновляемую зеленую энергетику. Также киберсистемы отождествляются с “умными” фабриками, домами и городами, критическими инфраструктурами, защитой информации и частной собственности, авиацией и космонавтикой. 6) Компании имеют интересных партнеров в университетской среде по созданию Cyber-Physical Systems: Budapest University of Technology and Economics, DFKI, Ericsson FBK, BMW, Fortiss, Royal Institute of Technology KTH, SICS, Siemens, Technical University of Berlin, Technical University of Munich, TNO, University of Bologna, University of Trento and VTT, Kaiserslautern Illinois, West Virginia, California, Berkeley, Oslo, Texas, Carnegie Mellon, Colorado. 7) Тем не менее, следует отметить, что прямые разработки, направленные на создание киберсистем управления ресурсами, финансами и кадрами без участия человека, практически отсутствуют. Имеются также публикации [15-19,29] авторов проекта, которые посвящены разработке теории и практики киберфизических систем активного интеллектуального управления транспортными средствами и ресурсами (время, деньги и кадры) на основе облачного мониторинга автомобильных гаджетов.

Интерес представляют официальные сайты компаний, которые анонсируют технологии решения проблем управления персоналом [20-28]. Например, IBM имеет сегодня Cognos Workforce Performance Talent Analytics – управление кадровым потенциалом для набора персонала, повышения квалификации, обеспечения преемственности и удержания кадров. Сервис, приобретенный компанией IBM за 1,3 миллиарда долларов, позволяет трудоустраивать граждан, оптимально использовать сотрудников, принимать обоснованные решения об улучшении их квалификации, искать и привлекать наиболее талантливых для формирования управленческого аппарата и стратегических планов, прогнозировать будущие потребности в персонале, материально и адекватно стимулировать работников с соответствии с HR-метрикой каждого из них. Как показал опрос 2013 года, 77% HR- менеджеров

не представляют – как влияют кадры на производительность труда компании, в то время как 44 процента руководителей используют потенциал талантов для принятия правильных решений. На рынке продуктов управления рабочей силой выступают компании SAP, Oracle and Big Blue, которые предлагают платформы: Talent Management Cloud, Human Capital, HR Analytics and Peoplesoft Human Capital Management, Workday, ADP, Ultimate, Infor (Lawson), CornerstoneOnDemand, Silkroad, SumTotal, Lumesse, Halogen, PeopleFluent, Saba, Kenexa (owned by IBM). Сегодня более 60% компаний делают инвестиции в технологии Big Data, Cloud Services и аналитические продукты, чтобы иметь data-driven киберуправление кадровыми ресурсами. Порядка 60% компаний в мире, по оценкам журнала Форбс, готовы купить программные системы управления персоналом. Компании замотивированы семью аргументами: продукты взрослеют и умнеют, их становится легко купить, появился удобный пользовательский интерфейс, системы способны интегрировать многочисленные программные средства компании, Big Data реально позволяет управлять кадрами – путем playing “Moneyball” with their people data, облачные технологии позволяют легко переключаться на новые сервисы управления кадрами, а талант стал навсегда стратегическим товаром и главным вопросом каждого руководителя. Человеческий капитал, по оценке журнала Форбс, имеет индекс важности для решения проблем компании, организации, государства – 2,44; управление и выполнение операций 2,10; инновации 1,99; остальные 7 имеют индексы: отношения с потребителями 1,72; глобальная политика 1,68; правительственное регулирование 1,55; глобальная экспансия 1,31; корпоративный бренд и репутация 0,92; устойчивость 0,82 и вера в бизнес 0,46. Дуализм управления на основе Big Data и Cloud Services включает детерминизм – технологии управляют нами и волюнтаризм – мы управляем технологиями. Оба варианта в своем комплексном развитии приводят рынок облачных технологий управления к детерминизму на основе использования концепции киберфизических систем, где фигурируют огромные массивы данных, не всегда достоверной информации. Но умная аналитика движков по Big Data пространствам должна научиться формировать правильное решение. Leon Trotsky: “Tell me anyway – maybe I can find the truth by comparing the lies”. Скажи мне что ты думаешь в любой форме, а я сумею найти правду сравнением даже ложных высказываний. По данным журнала Форбс технология Big Data сгенерирует в 2015 году 3,7 триллиона прибыли в продуктах и сервисах, что означает появление на рынке 4,4 миллиона новых рабочих мест. Если учесть, что во всех компаниях мира заработная плата составляет 40% доходов, то управление персоналом сегодня есть самая важная проблема бизнеса. Главный вывод из сказанного – человечество настолько гениально и одновременно несовершенно, что оно не может объективно управлять самим собой! Человек гениален в творчестве и бездарен в самоуправлении. Таким образом, мировой рынок безальтернативно приходит к необходимости использования кибероблачного управления ресурсами и кадрами без участия человека.

3. Цель и задачи исследования

Фундаментальная научно-технологическая проблема – «Создание киберфизического пространства цифрового мониторинга социально-технологических процессов и оптимального киберуправления ресурсами для достижения общественно значимых целей». Ресурсы: физические (материалы, кадры, ископаемые, растительный и животный мир, техника, инфраструктура) и виртуальные (время, финансы, технологии, информация, киберпространство) ценности, используемые для решения социально значимых проблем человечества.

Технология киберуправления ресурсами включает два облачных сервиса: 1) распределение государственных заказов и финансов между структурами, предприятиями и организациями на основе соревнования матриц их компетенций по заданным метрикам; 2) распределение кадровых вакансий в масштабируемых социальных группах путем соревнования матриц компетенций претендентов по заданным метрикам. Метрика компетенций – способ измерения расстояния между объектами или процессами на основе вектора параметров, формирующего пространство или матрицу компетенций человека или социальной группы в реальном времени. Матрица компетенций – модель интегральной деятельности и умений человека или социальной группы на заданной метрике и временном интервале.

Цель проекта – создание масштабируемой киберфизической системы human-free управления виртуальными и физическими ресурсами – Resource Cyber Physical Systems (RCPS) – как облачного сервиса для социальных групп, государственных структур и частных компаний на основе цифрового мониторинга технологических процессов упомянутых субъектов в реальном времени для достижения общественно значимых целей и тотального устранения коррупции.

Задачи исследования и реализации:

1. Разработка модели киберфизического пространства на основе телекоммуникационного взаимодействия цифрового мониторинга социально-технологических процессов и оптимального облачного управления ресурсами для достижения социально значимых целей при использовании технологий Big Data & Services, Internet of Things & Smart Everything.
2. Разработка киберсистемы управления виртуальными и физическими ресурсами (RCPS) в виде масштабируемого облачного сервиса, предоставляемого социальным группам, государственным структурам, частным компаниям на основе цифрового мониторинга технологических процессов упомянутых субъектов в реальном времени для достижения общественно значимых целей.
3. Создание структуры масштабируемой киберфизической системы облачного управления персоналом на основе использования накопительного мониторинга всех видов активности человека или социальной группы, формирующего в реальном времени матрицу компетенций, для адекватного морального и материального стимулирования сотрудников.

4. Разработка технологической киберструктуры цифрового мониторинга и облачного управления на основе использования: Big Data, Smart Everything, Internet of Things, параллельных виртуальных процессоров для обслуживания физических субъектов на основе генерирования эталонной метрики компетенций и текущих матриц компетенций субъектов, заполняемых в процессе х жизнедеятельности, которые ранжируются путем метрического сравнения результатов деятельности с эталонными значениями.
5. Создание новой модели управления научно-образовательным процессом университета Cyber Physical System – Smart Cyber University, которая включает компоненты: 1) квалифицированные кадры, 2) умную инфраструктуру, 3) кибер-управление и -мониторинг, 4) морально-этические отношения (законы, устав, приказы, деловой этикет), 5) направление движения – Roadmap (Smart Cyber University) с выделенными внешними ресурсами (абитуриенты, время и деньги) для достижения цели – обеспечение высокого качества жизни сотрудников и подготовка валидных для рынка специалистов.
6. Разработка структур данных и виртуального параллельного матричного процессора для анализа и ранжирования матриц компетенций на основе масштабируемых метрик субъектов деятельности в целях: 1) оптимизации расстановки кадров социальной группы в строгом соответствии с рыночными или корпоративными эталонами; 2) создания сервиса киберуправления финансовыми и кадровыми ресурсами университата на основе онлайн мониторинга, измерения и ранжирования результативных активностей сотрудников и структурных подразделений. 3) создания сервиса безбумажной онлайн подачи документов для зачисления студентов на первый курс по метрикам: “лучшим абитуриентам – лучшие университеты”, “лучшим университетам – максимальный госзаказ”.
7. Разработка сервиса киберуправления планом карьерной достижимости желаемого рабочего места для абитуриентов и студентов с учетом их текущих компетенций в условиях ограничений на время и ресурсы путем оптимизации выбора правильных университетов, компаний, специальностей, ученых и курсов по результатам входного тестирования.
8. Разработка эталонных тестов технологической, поведенческой и эмоциональной культуры для формирования входных компетентностных матриц работника или социальной группы в целях измерения их готовности и пригодности к выполнению исполнительской или управленческой деятельности на предприятии или организации.
9. Актуализация и внедрение облачных сервисов киберуправления на основе матриц компетенций для университетов, государственных структур и предприятий в целях цифрового мониторинга и квазиоптимального управления ресурсами и устранения коррупции.
Объект исследования – технологические процессы облачного киберуправления социальными группами, входящими в состав предприятий, организаций, государственных структур и стран, а также современные киберфизические системы управления, свободные от присутствия человека.

Предмет исследования – масштабируемая киберсоциальная система, как физическая инфраструктура (1), на которой позиционируются реальные кадры (2) и облачное управление (3) с законодательно заданной структурой отношений (4) для достижения социально значимых целей (5). Киберфизическая система – как совокупность взаимосвязанных реальных и виртуальных компонентов с функциями адекватного физического мониторинга и оптимального облачного управления кадрами, ресурсами предприятий и организаций на основе законных отношений для: 1) достижения высокого качества жизни социальных групп путем полного искоренения коррупции за счет отстранения чиновников от управления кадрами и финансами; 2) обеспечения качества продукции, процессов или сервисов в условиях ограничений на время и ресурсы.

Чтобы контрастно представить научную ценность предлагаемого проекта, необходимо определить состояние социально-научных достижений в мире. Практически весь 20 век был посвящен автоматизации исполнительского труда человека путем его замены роботами. Сегодня мы имеем реальную возможность быть в первых рядах автоматизации управленческого труда путем замены чиновника киберсистемой менеджмента (роботом-боссом). Мировой научно-технологический тренд сегодня определяется стадией перехода от пассивного цифрового отображения (мониторинга) в виртуальном киберпространстве физических объектов и процессов к активному облачному управлению реальными социальными, технологическими процессами без участия человека, который является самым слабым звеном в системе управления. К сожалению, высший аппарат государственного управления образовательными и научно-технологическими процессами в странах третьего мира декларирует не всегда модные цели научно-технологического развития, которые отстают от современных тенденций мирового рынка. Сегодня следует осуществить революционный переход от пассивного созерцания процесса информатизации и накопления знаний к активным технологиям использования знаний для киберуправления обществом на основе его адекватного мониторинга.

Более актуально можно обозначить проблему или программу для третьих стран как: «Создание киберфизического пространства цифрового мониторинга социально-технологических процессов и оптимального human-free киберуправления ресурсами для достижения социально значимых целей». Пояснения: «Взаимная интеграция всех земных процессов и объектов с их виртуальными моделями на облаках создает киберфизическое пространство, активная функция которого – киберуправление, без участия человека, временными, людскими и материальными ресурсами на основе точного цифрового мониторинга технологических процессов для полного устранения субъективизма и коррупции». При этом реализация киберфизического пространства основана на использовании компонентов: облачные сервисы, телекоммуникации, цифровой мониторинг, интеллектуальное управление, физические объекты и процессы.

Социально-экономическая значимость. Решение проблемы создания киберфизического пространства позволит: 1) Искоренить субъективизм и коррупцию, как доминирующие компоненты в системе общественных отношений третьих стран, практически инвариантные к персонам, находящимся у власти. 2) В несколько раз уменьшить аппарат управления государственными структурами при одновременном повышении качества уже беспристрастного облачного менеджмента. 3) Существенно уменьшить риски социальных катаклизмов, техногенных катастроф и производственных аварий за счет действительно объективного, точно просчитанного кибервыбора и назначения профессиональных менеджеров государственных властных и производственных структур. 4) Гармонизировать жизнь социальных групп путем создания морально-этических отношений внутри коллективов, благодаря киберуправлению, которое сочетает беспристрастный мониторинг результатов деятельности персонала, адекватное моральное и материальное стимулирование. 5) Сформировать экологическую культуру населения с помощью введения «зеленых» приоритетов в государственное киберуправление городами, предприятиями и организациями, направленных на энергосбережение, экологическую чистоту и сохранение природы. 6) Сократить узаконенное воровство государственных финансов руководителями и менеджерами за счет исключения «откатов», незаконных надбавок и премий, благодаря киберуправлению ресурсами, материальному и моральному стимулированию действительно конструктивных результатов деятельности работников. 7) Уменьшить «воровство» времени у сотрудников предприятий и организаций путем устранения многочисленных пустых по сути собраний и заседаний, бессмысленной бумаготворческой деятельности, благодаря киберуправлению, генерирующему только конструктивные минимально необходимые акты оперативного регулирования результативной активности персонала. 8) Повсеместно внедрить технологии киберуправления ресурсами на государственных предприятиях и организациях, что позволит существенно повысить производительность труда сотрудников, увеличить выпуск качественной научно-технологической продукции и уменьшить финансовые затраты на персонал управления. 9) Сделать привлекательной страну (компанию, университет) для финансовых и кадровых инвестиций за счет переформатирования всех основных компонентов государственности как системы, ориентированных на доминирование ценностей мирового рынка: инфраструктуры, существующих кадров, отношений, вектора движения, аппарата управления.

Научная новизна:

1. Впервые предложена модель киберфизического пространства, которая характеризуется телекоммуникационным взаимодействием цифрового мониторинга социально-технологических процессов и оптимального облачного human-free управления ресурсами для достижения социально значимых целей при использовании технологий Internet of Things & Smart Everything.

2. Впервые предложена киберсистема управления виртуальными и физическими ресурсами (RCPS) в виде масштабируемого облачного сервиса, предоставляемого социальным группам, государственным структурам, частным компаниям, которая характеризуется цифровым мониторингом технологических процессов упомянутых субъектов в реальном времени для достижения общественно значимых целей.
3. Впервые предложена структура киберфизической системы облачного управления персоналом, которая характеризуется использованием накопительного мониторинга всех видов активности человека или социальной группы, формирующего в реальном времени матрицу компетенций, для адекватного морального, материального стимулирования сотрудников и обеспечения качества производимой продукции.
4. Впервые предложена технологическая киберструктура цифрового мониторинга и облачного управления, которая характеризуется использованием Big Data, Smart Everything, Internet of Things, параллельных виртуальных процессоров для обслуживания физических субъектов на основе генерирования эталонной метрики компетенций и текущих матриц компетенций субъектов, заполняемых в процессе их жизнедеятельности, ранжируемых путем метрического сравнения результатов деятельности с эталонными значениями.
5. Впервые предложена модель киберуправления научно-образовательными процессами университета Cyber Physical System – Smart Cyber University, которая характеризуется наличием взаимосвязанных компонентов: 1) квалифицированные кадры, 2) умная инфраструктура, 3) кибер-управление и -мониторинг без участия человека, 4) морально-этические отношения (законы, устав, приказы, деловой этикет), 5) направление движения – Roadmap (European Smart Cyber University) с выделенными внешними ресурсами (абитуриенты, время и деньги) для достижения цели – обеспечение высокого качества жизни сотрудников и подготовка валидных для рынка специалистов.
Практическая, социальная и экономическая значимость. RCPS-система направлена на: 1) тотальное уничтожение субъективизма и коррупции в действиях руководителей всех уровней государственных структур путем передачи функций управления кадровыми и финансовыми ресурсами от чиновников независимому облачному киберсервису; 2) экономические, политические и социальные преобразования в сторону существенного улучшения морально-этических отношений, улучшения экологии планеты и повышения качества жизни граждан за счет оптимального кибер-управления государственными ресурсами. Экономическая значимость внедрения киберуправления в масштабах каждой страны третьего мира – как минимум, 30%-е увеличение ВВП.

4. Рыночная привлекательность проекта

Рыночная привлекательность киберфизической системы – существенное уменьшение временных и материальных затрат на единицу выпускаемой

продукции при одновременном сохранении и улучшении экологической культуры планеты путем адекватного кибермониторинга и оптимального киберуправления человеческими ресурсами в реальном времени на протяжении жизненного цикла граждан и социальных структур (предприятие, организация, город, страна, планета). Практическая реализация проекта позволит:

1) Облагородить социальные отношения между людьми путем очистки страны и планеты от коррупции. Она – там, где есть чиновник, субъективно распределяющий государственные должности и деньги. Заменить чиновника на киберсистему объективного распределения “мягких кресел” и финансов – означает уничтожить первопричину и питательную среду коррупции! Мы стоим на пороге новой эры в киберуправлении человечеством, когда впервые за всю его историю государственные структуры могут сравняться по эффективности менеджмента, а значит и производства, с частными предприятиями. По большому счету для этого не нужны материальные и человеческие ресурсы – абсолютный ноль затрат, но нужна политическая воля руководителя, который должен уничтожить самого себя и коррумпированный институт чиновников! Возможно ли такое? Украина, например, искоренила тотальную мультимиллиардную коррупцию в процессах аттестации выпускников школ и поступления в университеты путем внедрения облачных киберсистем “ЗНО” и “Конкурс”. Компания Echostar создала в Харькове американскую культуру научно-технологического производства с помощью одного зарубежного менеджера, который сделал эффективную систему отношений и управления кадрами. Один правильный менеджер, вооруженный современными технологиями управления, может создать: европейский университет, предприятие, город, страну! Тому есть десятки положительных примеров из прошлого и настоящего. Следующий научно-технологический удар должен быть нанесен по армии нечестных государственных служащих, ворующих время, субьективно распределяющих средства и административные должности.

2) Перезагрузить корпус руководителей государственных структур на профессиональных менеджеров с некоррумпированной историей путем использования компетентностных сервисов киберсистемы RCPS, которая далее должна участвовать в управлении финансами и кадрами, а также фильтровать и сглаживать все резкие движения штурвалом власти уже валидного руководителя. Выбор достойного, не с политической точки зрения, а с учетом менеджерских и профессиональных компетенций кандидата плюс разработка и внедрение киберсистемы RCPS есть решение большинства проблем, связанных с некоррумпированным управлением государственными структурами (университетами).

3) Внедрить в технологию управления государственных организаций и частных предприятий облачный киберсервис компетентностного распределения моральныых, материальных стимулов и карьерного роста, что обеспечит молодое поколение специалистов надеждой на европейское

будущее, где каждый из них будет по достоинству оценен киберсистемой без чинопоклоннического заигрывания перед руководителем.
4) Создать киберсервис рынка или биржи труда на основе сравнения реальных и идеальных матриц компетенций. С одной стороны, каждый человек пожелает заявить о своих компетенциях всему миру путем автозанесения информации в базу данных, чтобы киберсистема нашла ему место работы, удовлетворяющее всем потребностям индивидуума – формируется рынок заявок. С другой стороны, каждая компания пожелает выставлять вакантные позиции с компетентностными требованиями идеальных кандидатов для получения от киберсервиса персонала лучших работников – формируется рынок потребителей заявок. Кибербиржа функционирует без участия чиновника, нежно удовлетворяя обе стороны, потому что ни один нормальный человек не будет обижаться на киберсервис, так же как он не может обижаться на зеркало, отображающее его внешность или сущность.
Экономическое обоснование рыночной привлекательности – миллиард жителей планеты, которые хотят найти достойное место работы, удовлетворяющее их по оплате, близости к дому, компетенциям, карьерному росту, социальной защите, дружественным отношениям. Платить за аренду облачного сервиса готовы обе стороны: 60% от 350 миллионов компаний по $1000, чтобы найти работника, и индивидуумы ($10), чтобы трудоустроиться. Эффект от облачного сервиса для держателей акций – 10x1 000 000 000 + 1000 x 350 000 000 x 0,6 = $11 000 000 000. Здесь, возможно, более значимым будет социальный и морально-этический эффект от бесконфликтного, но конкурентного или соревновательного решения проблем трудоустройства, увольнения и карьерного роста, благодаря устранению коррупции при совершении электронных посреднических сделок между работниками и работодателями. Киберсервис на 99 процентов подрывает «бессмертные» коррупционные структуры государственности. Упомянутые рыночно-ориентированные мероприятия, связанные с внедрением киберсервисов, смогут возродить каждую страну третьего мира путем компетентностной перезагрузки коррумпированных управленческих структур на власть профессиональных топ-менеджеров, контролируемых киберсистемой. Эффект от внедрения RCPS-системы – миллиарды долларов по всем странам мира и новые страны высокого уровня моральных, экономических и политических отношений. Например, аренда только корпоративных киберсервисов управления по Украине потенциально принесет прибыль держателям акций RCPS-компании в размере 120 000 фирм x $1000 арендная плата = $120 000 000. Стоимость разработки прототипа масштабируемой киберсистемы управления ресурсами – до 15 миллионов гривен. Время проектирования – до 3-х лет. Команда – 25 человек.

5. RCPS – основа киберуправления государственными структурами

Метрика – способ измерения расстояния между объектами, процессами или явлениями путем сравнения их параметров. Качество – совокупность свойств

объекта (субъекта, процесса или явления), обусловливающих его пригодность удовлетворять определённые потребности в соответствии с назначением. Киберфизическая система Smart Cyber University (SCU) – совокупность взаимосвязанных компонентов: 1) online мониторинга научно-образовательных процессов и 2) управления ими путем использования материально-технической, методической и организационной инфраструктуры, отношений заслуженного морального и материального стимулирования сотрудников, обеспечивающих выпуск пригодных для рынка специалистов. Мировое сообщество практически находится в трех десятилетиях от создания искусственного разума человечества. Поэтому сегодня следует говорить о внедрении киберсистемы – идеального виртуального менеджера, неподкупного и беспристрастного, толерантного и гуманного, справедливо управляющего по морально-этическим и юридическим нормам, выработанным и выстраданным человечеством. Ресурсы управления не создают продукцию, они являются «паразитирующей» частью производственно-ориентированной системы вместе с инфраструктурой сервисного обслуживания, которые негативно влияют на стоимость конечной продукции. Но без управления и инфраструктуры нельзя создавать продукцию – возникнет хаос. Поэтому любая производственная система должна иметь целью – уменьшить соотношение между кадровой мощностью компонентов управления и исполнения. Частный бизнес успешно решает данную проблему, где метрика «время – деньги – качество» регулирует численность управленческих кадров и вспомогательных ресурсов сервисного обслуживания на уровне не более 20 процентов. Интересен пример с Лабораторией Касперского (ЛК), где менеджмент есть секретная формула международного успеха, который способствовал созданию и запуску кибер-робота для поиска новых вирусов, производительность которого выше, чем у нескольких сотен профессиональных аналитиков. Организацией и управлением производственных процессов в структурных подразделениях занимаются рафинированные и дипломированные MBA-менеджеры. Практически идеальный менеджмент компании, создающий зеленую планету для каждого человека, основан на высокой и дифференцированной от успехов зарплате каждого сотрудника, постоянном поиске творческих личностей по всей планете, инвестировании существенных средств в рекламные акции. Все это позволило выйти ЛК на лидирующие в мире позиции с доходом от продаж сервисов защиты киберпространства в три четверти миллиарда долларов. Система управления ЛК морально и материально стимулирует атмосферу творчества среди сотрудников, которые рассматриваются как главный капитал IT-предприятия высокой технологической культуры.

Другой пример из жизни государственного университета Украины, который имеет 600 ученых и преподавателей, создающих продукцию – 1100 инженеров в год, где мощность управленческого и вспомогательного персонала – 1600 человек! На одного с сошкой – трое с ложкой! Производительность труда ученого, доктора наук, первого и последнего по

рейтингу отличается на порядок! Аналогичные показатели имеет университет по достижениям первой и последней по рейтингу кафедры. Допустил бы такое соотношение руководитель частного или зарубежного университета? Какова же структура кадров за рубежом? Университет в Швеции (г. Карлскрона) имеет на 800 преподавателей и 8000 студентов всего 200 человек персонала, участвующего в управлении и обслуживании. В чем секрет успеха? Они имеют высочайшую культуру киберменеджмента (мониторинга и управления), электронного документооборота, охранных и инфраструктурных сервисов.

Выводы: 1) Государственные структуры (предприятия, организации, университеты), как экономически сверхзатратные и коррумпированные, уходят в историю. Но и смена собственности, государственной на частную, не есть решение проблемы, поскольку на некачественное управление человечеством уже сегодня требуется 40% работоспособного населения планеты. 2) Исход управления на облака – ключевое решение проблемы повышения эффективности исполнительного или производственного механизма планеты, повышения качества жизни каждого человека и экологии Земли. Человечество не может управлять самим собой, тысячи лет истории тому подтверждение – только драмы и трагедии, равно как и каждый индивидуум не может быть объективным менеджером по отношению к другим людям и безошибочным при самоуправлении. Человечество есть исполнительный механизм, которым должен управлять масштабируемый киберменеджер, точно функционирующий по морально-этическим нормам и законам, для объективного, толерантного и точного в деталях управления человеком, группами людей и странами!

Как итог сказанному, далее предлагается формальная масштабируемая автоматная математическая модель Киберфизической Системы – Social Cyber Physical System (CSPS) [29] – в виде двух механизмов: Cyber – мониторинга и управления; Human (Social) – исполнения (производства) желаний, которые связаны между собой четырьмя сигналами: Мониторинга, Управления, Инициирования желаний и Ресурсов для их исполнения. Аналитическая форма задания CSS-системы имеет вид:

$$A = \{C, H, M, U, X, R, Y, P\},$$
$$Y = C(X, M); \quad P = H(P, R).$$

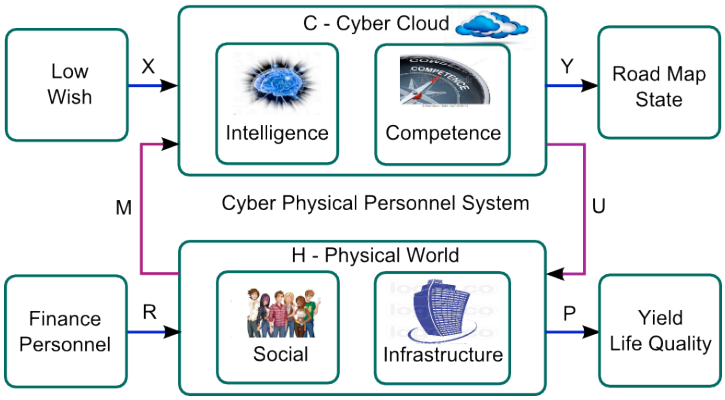


Рис. 2. Структура CSS-системы

Структурный эквивалент киберсистемы управления социальными группами изображен на рис. 2. Здесь представлены (C,H,M,U,X,R,Y,P) соответственно: C – блоки управления (киберменеджеры) и H – исполнения (инфраструктура, исполнители и роботы); сигналы M – мониторинга и U – управления производственными (научно-образовательными) процессами; X – входы управляющих законов, идей (желаний); R – ресурсы исполнения желаний (время – деньги – материалы); выходы: Y – индикации состояния алгоритма (плана) реализации идеи и P – выпуск продукции или сервиса – реализация желания. Вход управляющих законов и идей X служит не только коллектором всех интересных предложений, поступающих от членов сообщества, но и селектором, который способен отфильтровать деструктивные или невыполнимые в условиях ограниченных временных и материальных ресурсов. От структуры данного входа существенно зависит эффективность системы в целом, поскольку правильно настроенный первый фильтр дает возможность собирать большое количество конструктивных идей путем материальной и моральной активизации членов сообщества.

Функция второго фильтра заключается в качественной селекции плодотворных идей за счет привлечения экспертов мирового уровня из среды ученых, экономистов и маркетологов. Деструктивно, когда менеджер хочет быть генератором и/или реализатором идей. Традиционно он впадает в искушение – ставить запрет на все идеи, чтобы со временем выдавать их за свои. Но время – враг реализации идеи (быстрое решение – лучше правильного), которая быстро стареет, следовательно, такой менеджер – враг системы. Но еще более худший вариант, когда посредственный менеджер обладает неконтролируемым чувством зависти, здесь работает принцип – самая плодотворная идея закапывается, потому что она не моя. Функция менеджера – только качественное и компетентностное управление процессом реализации плодотворных идей в условиях ограничений на время, людские, финансовые и материальные ресурсы.

6. CPS “Smart Cyber University” – будущее высшей школы

При нашем желании и только, можно создать принципиально новый университет, который будет действительно храмом науки и инкубатором для рождения и расцвета талантов через моральное и материальное поощрение. Сегодня не удивительно, что большинство сотрудников работает не в полную силу, поскольку самый продуктивный ученый получает такую же зарплату, что и пассивный. Но поражает цифра – более половины ученых и преподавателей практически не производят научно-технологическую продукцию. Сказать, что они глупее, нет, как раз наоборот – они умнее. Если зарплата одинаковая, зачем работать больше. Такой чиновничий менеджмент является недопустимым для ученых, имеющих фантастический конструктивный потенциал, целенаправленно поддерживаемый в анабиозе. Порядка тридцати лет необходимо университету, чтобы создать доктора наук, профессора и научную школу. Но когда он начинает плодоносить, его

стараются уволить или задвинуть по причине – ты что, самый умный? Для определенного типа менеджмента государственных университетов в этом есть свой резон. Любому руководителю трудно управлять умными людьми, трудно сохранять кресло чиновника, если его окружают молодые и активно конструктивные ученые. Для этого нужно самому много и плодотворно работать для достижения высоких личных и управленческих результатов, что практически невозможно в течение длительного периода нахождения во власти. Кроме того, в кресле администратора сотрудник университета деградирует как творческая личность, как ученый и как профессор. Со временем начинает прогрессировать боязнь окрика вышестоящего начальника, принятия ошибочного решения, приводящая к наложению «вето» на все идеи и предложения подчиненных. Дальше – больше: возникает комплекс неполноценности руководителя – если меня уволят, куда я пойду, я уже ничего не умею. Здесь начинается патология жажды и сохранения власти любой ценой, драматическая битва за жизнь обреченного чиновника! Государственная бюрократия придумала универсальные способы длительно удерживать власть: 1) выдавливать молодых, талантливых, имеющих собственное мнение, ученых; 2) держать в страхе, на коротком поводке всех остальных путем запугивания и постоянного мониторинга их недостатков; 3) покупать ключевые фигуры посулами должностей, почетными званиями, наградами и деньгами; 4) создавать вокруг себя круг подхалимов, которые уничтожат любого непослушного ученого по команде руководителя. Как создать действительно рыночно привлекательный университет? Какую плодотворную идею можно противопоставить бюрократии для объединения вокруг нее всех здравомыслящих студентов и сотрудников?

Доктрина – “Умный кибер-университет”.

Цель проекта – Создание эффективной университетской киберсистемы управления, включающей инфраструктуру, кадры, отношения и управление, обеспечивающей высокий уровень научных и образовательных процессов в соответствии с действующим законодательством для достижения европейских требований качества выпускников и уровня жизни сотрудников.

Сущность проекта – Приведение всех компонентов системы университет (инфраструктура, кадры, управление, отношения и направление движения) к действующему законодательству а также оптимизация структурных подразделений и научно-образовательных процессов для достижения европейского качества выпускников и уровня жизни сотрудников.

Задачи, актуальные для реконструкции отношений в университетах:

1. Создание метрики для мониторинга и измерения рыночного качества субъекта: студента, работника, ученого, структурного подразделения, университета, города, страны.
2. Разработка критериев оценивания качества конкретного субъекта путем метрического сравнения фактических оценок с эталонными или лучшими значениям параметров.
3. Выработка управляющих регуляторных воздействий, ориентированных на формирование roadmap в целях достижения желаемого уровня качества

субъекта на основе планирования действий сегодняшнего дня в функциональной зависимости от заказанного будущего.

4. Использование технологий big data и параллельных виртуальных специализированных мультипроцессоров для создания метрически ранжированных умных информационных структур данных и киберсистем квазиоптимального управления неприродными процессами.
5. Написание нового устава университета в соответствии с действующим законодательством.
6. Формирование системы управляющих корпоративных положений, регулирующих отношения в организации научно-образовательной деятельности на основе законов и Устава.
7. Оптимизация структурных подразделений университета в соответствии с принципами целесообразности и разумной достаточности.
8. Формирование компетентностных метрик для научно-образовательных процессов, сотрудников и подразделений в целях выработки системы корпоративных положений, регламентирующих цифровой мониторинг и киберуправление ресурсами в университете.
9. Внедрение проекта в жизнедеятельность университета путем последовательной имплементации наработанных отношений и положений в киберсистему управления.

Университет как киберсистема (рис. 3) включает [29]: 1) квалифицированные кадры, 2) умную инфраструктуру, 3) кибер-управление и -мониторинг, 4) морально-этические отношения (законы, устав, приказы, деловой этикет), 5) направление движения – Roadmap (Smart Cyber University) с выделенными внешними ресурсами (абитуриенты, время и деньги) для достижения цели – обеспечение высокого качества жизни сотрудников и подготовка валидных для рынка специалистов. Сделать благоприятный климат в университете для финансовых инвестиций, притока профессиональных кадров, рекрутинга лучших абитуриентов со всего мира возможно только за счет переформатирования всех основных компонентов вуза как системы, проведения актуальных научных исследований мирового уровня [5] и внедрения передовых образовательных технологий (massively online open courses). Согласно определению вуз-системы оптимизация научно-образовательного процесса и структуры подразделений университета должна быть направлена на обеспечение достойного уровня жизни членов коллектива и высокого качества выпускников за счет: 1) Прозрачного морального и материального киберстимулирования на основе кибермониторинга результативной деятельности ученых; 2) Повсеместного внедрения электронного документооборота в технологические процессы управления университетом; 3) Уменьшения численности непроизводительного аппарата мониторинга и управления путем трансформирования соответствующих кадров в сотрудников кафедр; 4) Уменьшения времени на вспомогательные процессы, непосредственно не связанные с научно-образовательной деятельностью ученых и сотрудников за счет внедрения киберсистемы управления ресурсами (время, деньги, кадры); 5) Определения

сбалансированной структуры основных производственных подразделений на основе учета рыночных тенденций спроса на специалистов для создания одинаковых по значимости факультетов и выпускающих кафедр, формирующих равные показатели результатов научно-образовательной деятельности; 6) Создания доброжелательного климата морально-этических отношений для конструктивного творчества ученых и профессоров. Сильные факультеты и кафедры, умная инфраструктура и киберуправление, морально-этические отношения – современный и умный киберуниверситет.

Реализовать CPS “умный киберуниверситет” для каждого сотрудника означает – обезопасить себя от авторитарного произвола руководителей первого уровня, не всегда законно распределяющих время, деньги и должности. Ректор и проректоры, лишенные чиновничьих привилегий ручного распределения ресурсов за среднюю зарплату ученого, превратятся в нормальных людей с представительскими функциями подписания документов и приказов, прозрачно формируемых киберсистемой управления. Важнейшим инструментом для формирования новых справедливых морально-этических отношений является экспертная метрика оценивания результатов научно-образовательной деятельности, имеющей денежный эквивалент. Конструктивно, все позитивные достижения ученых и подразделений должны иметь свои социально значимые коэффициенты в матрице компетенций или рейтинговых показателей. Тогда ученые будут действительно заниматься наукой, не опасаясь, что реальным результатам руководство предпочтет бумажные отчеты и фиктивные договоры для заполнения выдуманных чиновниками пунктов псевдоактивностей.

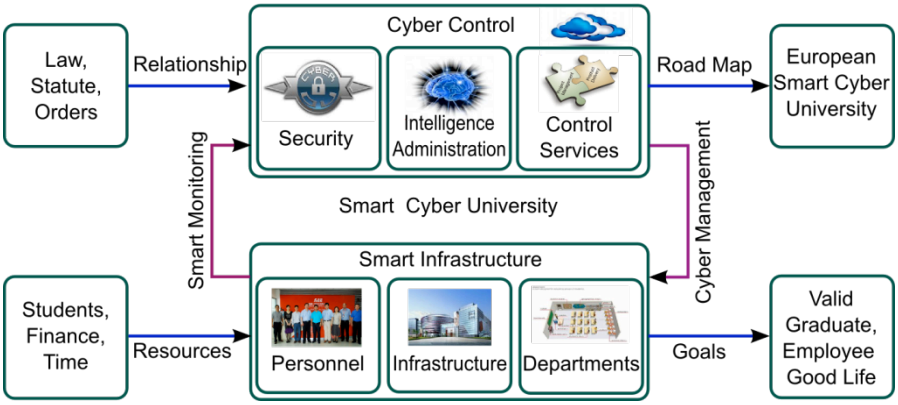


Рис. 3. Cyber Physical System – Smart Cyber University

Далее предлагается взвешенный и нормированный в интервале (0–1) критерий качества Q интегральной деятельности структурного подразделения за текущий год Y, с учетом средней активности коллектива за последние m лет, имеющего S штатных сотрудников, по n параметрам Pi, где каждый из них приведен к максимальному или эталонному значению Pi(max) в структуре университета и имеет экспертный коэффициент ki = (0–1) научно-образовательной и социальной значимости, единогласно утверждаемый на авторитетном совете экспертов-ученых:

$$Q_Y = \frac{1}{m+1}\left[\frac{1}{S \times n} \times \sum_{i=1}^{n} \frac{k_i \times P_i}{P_{i(max)}} + \sum_{j=1}^{m} Q_{Y-j}\right].$$

Критерий качества должен быть переведен для каждого подраздения и сотрудника на понятный всем язык моральных и материальных стимулов. К сожалению, субъективный руководитель может легко извратить метрику измерения активности подразделений, авторитарно назначая одинаковые баллы за “весомозначное” бумаготворчество и государственную премию. Если аппарат управления – “ручной” у такого руководителя, то для конструктивных сотрудников университет есть чуждая структура, которая в первую очередь выдавливает самых лучших. Что касается интегральной метрики оценивания результативности научно-образовательной деятельности ученого-профессора, то трудно предложить более понятный и простой, чем упомянутый выше критерий качества, в котором исключен параметр S – число сотрудников в подразделении:

$$Q_Y = \frac{1}{m+1}\left[\frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^{n} \frac{k_i \times P_i}{P_{i(max)}} + \sum_{j=1}^{m} Q_{Y-j}\right].$$

Фактически метрика оценивает усредненную по n показателям результативность ученого в масштабе кафедры, факультета или университета. При этом в числителе суммы фигурируют личные достижения, а в знаменателе – лучшие по подразделению или университету численные значения достижений ученых в каждой из n номинаций. Нулевые показатели в предложенной метрике не оказывают фатального влияния на оценку деятельности ученого или подразделения. Наличие нулевых оценок по отдельным видам активности компенсируется высокими значениями параметров в других областях научно-образовательной деятельности. Кроме того, критерий учитывает совокупную деятельность ученого за последние m лет, который формирует интегральную матрицу компетенций или достижений в течение всего жизненного и творческого цикла сотрудника. Учет истории особенно важен для немолодых сотрудников, которые должны получать достойное материальное вознаграждение за свой продуктивный труд в прошлые годы. Равно как и случайные падения или вспески активности не оказывают существенного влияния на качество стимулирования.

Если важные для университета показатели обойдены вниманием ученых и кафедр, то CPS должна привлечь к ним внимание сотрудников путем повышения значимости соответствующих экспертных коэффициентов. Следуя показателю качества активности каждого ученого, уже не руководитель, а киберсистема назначает премии и надбавки в пределах университета или кафедры. Архиважно, чтобы такая информация была доступна всем сотрудникам во избежание распространения слухов о несправедливом распределении вознаграждений.

Целесообразно составлять дополнительные и отдельные специальные рейтинги для: 1) проректоров, 2) деканов, 3) заведующих кафедрами, 4)

руководителей инфраструктурных подразделений, 5) непрофилирующих и общеобразовательных кафедр, рейтинги которых должны оценивать их деятельность как менеджеров. Кроме того, все сотрудники инфраструктурных подразделений также должны быть оценены по результатам их деятельности, в соответствии с разработанной для них должностной метрикой компетенций. Качество сотрудника при приеме на работу и в процессе трудовой деятельности должно проверяться на соответствие эталонным компетенциям его должности, и наоборот. Руководитель не может иметь друзей внутри университета, он должен относиться ко всем, как к исполнителям научно-образовательного процесса и ничего личного.

7. Кибер-метрика управления ресурсами

Практически редко кто из руководителей государственных структуру (университетов) действительно заботится о качественной подготовке новых управленческих кадров для своего адекватного замещения. В результате, при естественном уходе руководителя возникает проблема выбора достойного из предлагаемых неподготовленных кандидатов: «маємо те, що маємо»! Далее методом проб, но в основном ошибок, начинается процесс становления нового руководителя, который вынужден проводить эксперименты над людьми, в 90% случаев приводящих к драматическим результатам. “Толковый выбор приходит с опытом, а к нему приводит выбор бестолковый!”, к/ф “Механик”. Есть еще одна болезнь некоторых университетов третьих стран. Отдельные ректоры, пришедшие к власти, за десятилетия правления создают вотчину, которая даже теоретически не оставляет никаких шансов на победу в выборах действительно достойным конструктивным ученым. Результат – деградация университета, создание видимости успешной научной деятельности и качественного образования.

Задача 1. Выход есть, и он достаточно тривиальный. Отдать власть в управлении ресурсами кибер-менеджеру, функционирование которого основано на адекватном цифровом мониторинге структурных подразделений и сотрудников университета. Одним из инструментов такого анализа является матрица компетенций $M = \left|M_{ij}\right|,\ i = \overline{1,n};\ j = \overline{1,m}$ как цифровая структура персональных данных, ориентированная на использование метода оценивания сотрудников (подразделений) путем сравнения фактической квалификации каждого работника с параметрами его функциональных обязанностей, регламентированных нормативными документами. Здесь n – количество переменных, формирующих вектор (кортеж) качества работника, подразделения, университета; m – число субьектов или объектов, подлежащих оцениванию или ранжированию. Пример такой матрицы $M_{ij}(H)$ для соревнования сотрудников представлен ниже, где имеются структурные столбцы – численные значения векторной метрики экстра-активности индивидуумов в формате: 1) рыночные продукты и патенты, 2) награды, премии и выставки, 3) учебники и монографии, 4) статьи и доклады на конференциях с наукометрическими индексами, 5) гранты и проекты, 6)

подготовка научных кадров, 7) учебно-методические материалы и образовательные инновации, 8) волонтерская деятельность, 9) научно-исследовательская работа студентов, 10) международная деятельность, 11) зарубежные стажировки и обучение, 12) сотрудничество с предприятиями.

$M_{ij}(H)$	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}	S_{11}	S_{12}	S_{13}	R
P_1	1	.	1	.	2	3	.	.	3	.	2	.	1	3
P_2	4	.	2	1	.	.	2	.	4	1	.	3	.	4
P_3	1	.	.	.	1	.	.	.	2	.	5	.	1	5
P_4	6	1	9	8	7	1	6	7	24	1	4	4	5	24
P_5	.	1	.	.	.	.	3	.	2	.	1	.	1	3
P_6	.	1	.	3	.	2	4	5	.	4	.	1	.	5
P_7	1	.	1	.	5	4	.	.	7	2	2	.	5	7
P_8	.	6	.	.	4	.	.	1	5	.	.	3	.	6
P_9	4	6	6	6	7	6	.	.	12	.	6	4	3	12
P_{10}	5	18	.	3	.	.	3	.	.	3	.	3	.	18
P_{11}	.	5	.	.	3	4	.	.	2	.	.	.	.	5
P_{12}	3	5	4	6	5	.	3	.	8	4	5	4	3	8
$d(S_j,R)$	25	43	23	27	34	20	21	13	69	15	25	22	19	100
$d(S_j/R)$	0,25	0,43	0,23	0,27	0,34	0,2	0,21	0,13	0,69	0,15	0,25	0,22	0,19	1,0

$M_{ij}(G)$	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}	S_{11}	S_{12}	S_{13}	R
P_1	9	5	7	.	5	4	.	.	1	.	1	.	1	3
P_2	9	8	7	6	.	.	3	2	1	1	.	1	.	6
P_3	9	.	7	.	5	.	.	.	1	.	1	.	1	5
P_4	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	1	1	1	5
P_5	9	8	7	.	5	.	3	.	1	.	1	.	1	7
P_6	9	8	.	6	.	4	3	2	.	1	.	1	.	5
P_7	9	.	7	6	5	4	3	.	1	1	1	.		7
P_8	.	8	.	.	.	.	3	2	.	.	.	.	.	4
P_9	9	8	7	6	5	4	.	2	1	.	1	1		5
P_{10}	9	5	.	6	.	.	3	2	.	1	.		.	6
P_{11}	.	5	7	.	5	4	.	2	1	.	.	.	.	5
P_{12}	9	7	7	6	5	.	3	.	1	1		1		4
$d(S_j,R)$	90	70	63	42	40	24	24	14	9	6	6	5	4	62
$d(S_j/R)$	1,45	1,13	1,01	0,68	0,64	0,39	0,39	0,22	0,14	0,09	0,09	0,08	0,06	1,0

Структура матрица $M_{ij}(H)$ ориентирована на параллельный анализ (соревнование) компетенций работников университета, где столбцы – численные значения параметров активностей каждого ученого, нижние две строки – рейтинг ученых в абсолютных и относительных оценках (лидеры – S_9, S_2, S_5) по сравнению с лучшими результатам каждой номинации, сведенными в правый R-столбец. Наличие такой матрицы дает все основания киберменеджеру распределять часть бюджета (фонд материального поощрения) университета между сотрудниками в строгом соответствии с оценками их компетенций. Функция ректора – подписать соответствующий приказ, сгенерированный киберсистемой. Где здесь место для коррупции, она убита!

Задача 2 – киберназначение претендента на открытые вакансии. Эта задача имеет целью определить принадлежность (близость, расстояние)

тестируемого R-субъекта к одной или нескольким эталонным компетенциям социальной структуры. Используется вторая матрица $M_{ij}(G)$ которая содержит все золотые эталоны совокупных компетенций для каждой вакантной должности в университете. При этом последний R-столбец матрицы есть вектор компетенций кандидата, поступающего на работу в университет. Сравнительный анализ метрики оценивания компетентностей кандидата со столбцами матрицы дает возможность просто определить, к какой позиции ближе всего находится претендент:

$$S = \min_{j} \sum_{i=1}^{n} \left| R_i - M_{ij} \right| = 1{,}01 \rightarrow \{S_3\}$$

.

Задача 3. Поиск или выбор одного работника из некоторого множества кандидатов, удовлетворяющих условиям вакантного эталона компетенций, решается аналогично. В этом случае матрица представляет собой S-векторы компетенций кандидатов на одну должность, а требования к идеальному работнику представлены вектором R. Выигрывает кандидат Sj, который получает минимальное численное значение расстояние с R-вектором компетенций эталона.

Сервис управления персоналом предполагает наличие и соревнование векторов матрицы компетенций относительно метрики эталона идеальных требований к рассматриваемой должности, содержащих технические, технологические, поведенческие, эмоциональные, морально-этические параметры компетенции. Каждый вектор матрицы имеет реальные числовые параметры оценивания компетенций кандидатов на занимаемую должность, полученные в результате независимой экспертизы, внешнего тестирования и/или внутренней самооценки. Представим ситуацию, что имеется идеальная и формализованная модель руководителя, а также метрики (матрица) компетенций десятка претендентов. Результат сравнения компетенций каждого из них с идеалом позволит ранжировать всех кандидатов, что существенно уменьшит риск выбора невалидного руководителя, занимающего последние позиции в упорядоченном списке претендентов.

Задача 4. Создание киберсистемы рынка труда (распределения ресурсов), где соревнуются между собой уже две матрицы: 1) эталонных рыночных компетенций претендентов, предоставляемых компаниями на вакантные позиции; 2) реальных компетенций по знаниям, умениям, навыкам, личностным характеристикам, предоставляемых индивидуумами. Результатом совместного анализа (соревнования) двух матричных структуру является конкурентное удовлетворение всех сторон при условии, что лучшие компании получают лучших сотрудников, максимально близких к идеальным работникам по критерию минимума компетентностного расстояния, а лучшим индивидуумам киберсистема предоставляет полный список вакансий в компаниях, которые максимально удовлетворяют потребности претендентов. Выполнение операции сравнения двух матриц компетенций осуществляется с помощью математически тривиальной процедуры на основе выражения:

$$S = \min_{j \wedge t} \sum_{j=\overline{1,m}}^{t=\overline{1,m'}} \sum_{i=1}^{n} \left| M_{ij}^{G} - M_{it}^{H} \right| = (M_{j}^{G}, M_{t}^{H}).$$

Данное выражение, при фиксации минимального значения суммы, определяет решение – бинарное отношение двух вектор-столбцов различных матриц, удовлетворяющее как индивидуума, так и компанию в части предлагаемой вакансии.

Решение последней задачи практически используется при отборе абитуриентов в университеты всего мира и при зачислении на работу в частные (государственные) компании, там где последействия ошибочного решения незначительны. Парадокс заключается в том, что при назначении на высокие руководящие посты, где риск ошибочного решения связан с глобальными или социальными драмами и катастрофами, компетентностная модель и конкурентная процедура назначения руководителя по профессиональным, морально-этическим и физиологическим параметрам практически всегда подменяется политической волей, точное определение которой – волюнтаризм, субъективизм и коррупция. Вывод: беспристрастное киберуправление кадрами в части выбора руководителя, соответствующего киберметрике его компетенций, позволит избежать техногенных катастроф, социальных трагедий и драматических коллизий, а следовательно, продлить существование планеты, стран, разрушение которых в 70% случаев есть следствие человеческого фактора некомпетентостного управления.

Предложение – создать универсальную масштабируемую киберметрику оценивания компетенций всех участников управленческих и исполнительских (производственных) процессов на уровне страны, города, предприятия или организации. Метрика по своей природе (как банковская история) должна быть аддитивной к положительным и отрицательным компетенциям, приобретаемым каждым человеком на протяжении всей жизни. Накопительный характер негативных компетенций относится к юридически доказанным коррумпированным действиям каждого индивидуума, а также ко всем функциональным, должностным и правовым нарушениям, повлекшим необратимые деструктивные социальные или техногенные последствия. Кроме того, следует учитывать и личностные факторы образа жизни человека, такие как: пристрастие к наркотикам, курению и алкоголю, которые негативно влияют на качество управленческих действий и производительность исполнительского труда. Равно как и следует включать в метрику компетенций со знаком плюс занятия спортом, волонтерскую и социально значимую деятельность.

Назначение на руководящую должность предполагает, по меньшей мере, формальное тестирование на профессиональную пригодность или соответствие предполагаемой должности путем сравнительного опубликования параметров матрицы компетенций каждого претендента в единой метрике оценивания, заслушивания программы первоочередных управленческих действий и плана развития структурного подразделения или предприятия. Проще говоря, при выборе руководителя социум должен

оценить: 1) личностную историю компетенций кандидата, в плюсах и минусах, как будущего кормчего по интегральной метрике; 2) тактику менеджмента – умение крутить рулем власти без резких движений, от которых, часто бывает так, что весь народ тошнит; 3) стратегию управления – знание навигации в рыночном океане правильных технологических течений и айсбергов управленческой тупости для прокладки верного курса корабля к европейскому или американскому берегу научно-образовательного, экономического и социального успеха!

8. Заключение

1. Основная идея, представленная в проекте – создание киберфизической системы гуманного, точного, цифрового управления человеческими, временными и материальными ресурсами, которая способна заменить деструктивное управление государственных чиновников и полностью исключить коррупцию, как систему отношений между людьми, уничтожающую морально-этические ценности человечества. Структура киберсистемы имеет два масштабируемых компонента: 1) точного наблюдения за результативной активностью персонала для формирования матрицы компетенций и 2) оптимального human-free управления ресурсами, которое способно ранжировать всех сотрудников и подразделения по результатам их деятельности для выработки адекватных моральных и материальных стимулирующих воздействий. Киберуправление ресурсами в масштабируемых субъектах осуществляется путем соревнования показателей матриц компетенций по заданным метрикам. Метрика компетенций – способ измерения расстояния между объектами или процессами на основе вектора параметров, формирующего пространство или матрицу компетенций человека или социальной группы в реальном времени. Матрица компетенций – модель интегральной деятельности и умений человека или социальной группы на заданной метрике и временном интервале. Предложен соревновательный подход к решению четырех актуальных рыночных задач для оптимального кибер-управления ресурсами на основе построения матриц компетенций.

2. Киберфизическая система мониторинга и управления результативно и выигрышно масштабируется практически на все сферы человеческой деятельности, связанные с экономикой, политикой, социологией, наукой, образованием, энергетикой, охраной здоровья, управлением обществом, ресурсами, транспортными средствами. Киберфизические системы отождествляются с созданием “умных” фабрик, университетов, домов, городов и стран, критических инфраструктур, защитой информации и частной собственности, управлением авиацией и космонавтикой. Все перечисленное есть неполный перечень самых актуальных, для рынка, ведущих компаний и университетов мира, вопросов киберуправления физическими объектами и процессами.

3. Предложена новая модель управления университетом Cyber Physical System – Smart Cyber University, которая включает компоненты: 1)

квалифицированные кадры, 2) умную инфраструктуру, 3) кибер-управление и -мониторинг без участия человека, 4) морально-этические отношения (законы, устав, приказы, деловой этикет), 5) направление движения – Roadmap (European Smart Cyber University) с выделенными внешними ресурсами (абитуриенты, время и деньги) для достижения цели – обеспечение высокого качества жизни сотрудников и подготовка валидных для рынка специалистов. Предложены метрики вычисления компетенций сотрудников и структурных подразделений для их кибер-стимулирования, учитывающего историю деятельности ученых и социальных групп.

4. Практическая значимость создания “умного кибер-университета” для каждого сотрудника означает – обезопасить себя от авторитарного произвола руководителей первого уровня, не всегда законно распределяющих время, деньги и должности. Ректор и проректоры, лишенные чиновничьих привилегий ручного распределения ресурсов за среднюю зарплату ученого, превратятся в нормальных людей с представительскими функциями подписания документов и приказов, прозрачно формируемых киберсистемой управления. Таким образом, не составляет большого труда покончить с университетской коррупцией, активизировать ученых и преподавателей в стране на результативную деятельность и повысить в 2-3 раза уровень их жизни. В итоге уже через три года можно получить научно и технологически культурное государство Smart Cyber State! Стоимость вопроса – желание первого лица или 51 процента сотрудников каждого университета!

5. Рыночная привлекательность киберсистемы – государственные структуры и частные предприятия стран мира, которые желают оптимально human-free управлять временными, человеческими и финансовыми ресурсами в строгом соответствии с законами государства. Социальная значимость киберсистемы направлена на: 1) тотальное уничтожение коррупции в действиях руководителей всех уровней государственных структур путем устранения субъективизма в управлении кадровыми и финансовыми ресурсами на основе передачи упомянутых функций чиновников независимому облачному киберсервису; 2) экономические, политические и социальные преобразования в сторону существенного улучшения морально-этических отношений, улучшения экологии планеты и повышения качества жизни граждан за счет оптимального кибер-управления государственными ресурсами. Экономическая значимость внедрения умного киберуправления в масштабах страны – как минимум, 30%-е увеличение ВВП.

Частные выводы касаются оптимизации существующих структур и процессов управления кадрами и ресурсами университета, инвариантных к любому руководителю:

1. Оптимальный формат эффективного аппарата оперативного управления (ректората) – должностные лица, ответственные за организацию научных и образовательных процессов (проректоры и деканы). Приглашение руководителей отделов и инфраструктурных подразделений на ректорат формирует скрытые локальные цели, уводящие в сторону от решения обсуждаемой проблемы.

2. Состав ученого совета, помимо обязательных по должности членов, включает конструктивно мыслящих ученых и руководителей кафедр, которые непосредственно участвуют в решении стратегических, инфраструктурных, кадровых и финансовых вопросов.
3. Децентрализация власти ректора путем делегирования его полномочий (киберуправлению, проректорам и деканам), относящихся к распределению финансов, решению кадровых вопросов, подписанию документов, основанной на принципах разумной достаточности и целесообразности. Не будет у руководителей авторитарности в распределении ресурсов, не будет многочисленных посетителей в кабинетах ректора и проректоров с понедельника по пятницу, просящих милостыню!
4. Внедрение киберфизической системы управления ресурсами на основе использования матрицы компетенций как единой и универсальной метрики оценивания вклада подразделений и ученых в рейтинг университета для их последующего стимулирования путем открытого кибер-распределения финансов по факультетам и кафедрам, в строгом соответствии с результативными достижениями ученых. Нет денег у руководителя для их волюнтаристского распределения – нет ручного управления. Открытая и соревновательная процедура назначения на руководящие должности на основе использования матриц компетенций кандидатов привлечет талантливую молодежь в ряды ученых и преподавателей университета, благодаря перспективам карьерного роста. Конкретно, надбавки и премии следует обсуждать, назначать открыто, по результатам рейтингового оценивания интегральной результативной деятельности каждого ученого и специалиста. Качество в науке и образовании важнее количества. Распределение учебной нагрузки по кафедрам, зависящее от числа студентов, есть просто один из киберсервисов, свободный от субъективного участия руководителей.
5. Изменение формата специализированных советов на структуру, состоящую не более, чем из 5 экспертов для защиты диссертаций. Постепенное введение системы аттестации кадров высшей квалификации путем формирования в университете разового специализированного совета экспертов из 5 человек, где 2 из них – оппоненты.
6. Создание прозрачной бухгалтерской системы университета для обслуживания как образовательной, так и научно-исследовательской деятельности путем прямого и непосредственного грантового финансирования кафедр от государственных и частных источников, для выполнения международных и внутри-украинских проектов. Распорядитель кредитов – только руководитель проекта. Сегодня большая часть финансовых ресурсов от заказчика не доходит до конечного исполнителя, что не делает последнего заинтересованным в написании проектов и заключении научно-технических договоров. Исполнители проекта набираются руководителем под тематику и бюджет выигранного гранта, а не грант – под существующих сотрудников. Система прямого финансирования грантов позволить трудоустроить всех ученых-преподавателей, а также более половины

студентов университета, что означает – увеличить их доход в более чем 2 раза.
7. Реструктуризация и переименование основных подразделений научно-образовательной деятельности университета (кафедры и факультеты) в целях приведения сущности и названий к современной терминологии, принятой в ведущих мировых компаниях, университетах, изданиях и библиотеках IEEE Xplore, а также обеспечения одинаковой эффективности и привлекательности (вербальной и звуковой) факультетов и кафедр для абитуриентов, студентов, рынка науки, образования и IT-индустрии. Идея проста и понятна для студентов и рынка абитуриентов – как корабль назовешь, так он и поплывет. Студенты всех факультетов должны чувствовать себя достойными в равной состоятельности и привлекательности факультетов. Существенное различие в «весах» кафедр и факультетов – свидетельство несостоятельности высшего менеджмента университета, который не учитывает тенденции научно-образовательного рынка в мире для своевременной коррекции формы и содержания основных подразделений. Обучение иностранных граждан должно выполняться всеми факультетами и кафедрами в строгом соответствии с пожеланиями студентов.
8. Сокращение удельного веса неосновных структурных подразделений университета путем виртуализации отделов в целях создания студентам, аспирантам и ученым дополнительной инфраструктуры (классы, meeting rooms, лаборатории) для индивидуально-ориентированного исполнения научно-образовательного процесса. Функциональные обязанности данных отделов и сотрудников следует перераспределить между основными и инфраструктурными подразделениями.
9. Этикет деловых совещаний. Процедурная культура проведения совещаний должна быть направлена на исключение воровства времени при мониторинге состояния дел на факультетах, подразделениях инфраструктуры для выработки оперативных мероприятий. Дж. К. Гэлбрейт: «Когда ничего не хочется делать, собрания – незаменимая вещь». Тем не менее, всем участникам оперативного совещания желательно придерживаться нескольких принципов: 1) Конструктивный и цифровой формат изложения информации: “факт – оценка – действие”, что означает: «мониторинг данных; общая оценка деятельности подразделений; выработка решения». 2) Участник совещания инициативно доводит информацию, представляющую общий интерес. 3) Ответы на вопросы должны быть исчерпывающими сущность и/или цифровыми, предельно краткими по форме. 4) Решения совещания должны быть лаконичными и детерминированными, их не должно быть много. 5) Деловой этикет оперативного совещания допускает обсуждение вопросов без подобострастного вставания перед начальником, доставляющего неудобства спикеру и слушателям. 6) Оптимальное время суток для проведения совещания, согласно теории биоритмов, – среда, 16 часов, продолжительность не более 45 минут. 7) Действенность подачи и восприятия информации по убыванию: индивидуальная беседа, групповое совещание, медиа-средства, печатный текст. 8) Критиковать следует

конкретную ошибку сотрудника, а не личность, допустившую ее. We are not looking for the person who made mistake, but the situation where the mistake has been possible (Stanley Hyduke). Председательствующему следует снимать выступления не по существу вопроса, или содержащие эмоциональные оценки людей и событий вместо конструктивных предложений. Нельзя подавлять мнение меньшинства, которое часто бывает более перспективным решением проблемы.

10. Наличие постоянно действующего отдела маркетинга (до 5 человек), возглавляемого MBA-менеджером, который изучает рынок и дает полезные советы университету на основе постоянных маркетинговых исследований (мониторинга), направленного на активный менеджмент – изменение ориентации и политики вуза в соответствии с потребностями рынка для набора валидных студентов и распределения выпускников. Генри Форд: “Если бы у меня всего было 5 долларов, 3 из них я отдал бы на рекламу”. Задача отдела – цивилизованно выбирать из лучшых самых лучших!

11. Почему “некоторые” университеты нежно относятся к “ручному” управлению и против европейского Smart Cyber University? 1) “Ручное управление – самый незатратный по времени и деньгам способ решения всех личных проблем в университете. 2) Мало кто из ученых знает о существовании цивилизованного стиля киберуправления ресурсами внутри университета. Трудно объяснить, что функциональность руководителя в европейском университете – заверять своей подписью бумажки, которые корректно генерируются киберсистемой управления. Хороший ректор или проректор тот, которого никто не знает. Система работает, не вмешивайся, не навреди. 3) В университете для кажого ученого должен доминировать тезис – служить науке, образованию, университету, стране, миру, но не прислуживать руководителям. Один великий индийский ученый сказал: “Лучший способ предсказать будущее университета – придумать его”. Будущее определяет прошлое и влияет на настоящее! Будущее и прошлое существуют одновременно, как на пленке с фильмом. Выбор будущего есть свобода взять один из фильмов. В любом случае – угадал! Судьба предоставляет нам некоторую свободу воли! Последняя дает нам шанс к иллюзорному управлению своим будущим, но цель предопределена кодом программы развития? Человечество в ближайшие 50 лет будет заниматься созданием киберфизической экосистемы планеты для управления своим “телом”. Следовательно, ученые не ошибутся, если придумают, что будущее высшей школы – “Smart Cyber University”.

12. Перспективы дальнейшего развития киберфизических систем связаны с повсеместным внедрением точного цифрового мониторинга и активного (без участия человека) оптимального управления всеми физическими, биологическими, социальными, экономическими, технологическими, финансовыми, научно-образовательными процессами на планете, в странах, городах, организациях, предприятиях, социальных группах и домах. Сделаем европейский умный киберуниверситет без коррупции!

Список литературы:

1. Ahmed S. H. Cyber Physical System: Architecture, applications and research challenges / S. H. Ahmed, Gwanghyeon Kim, Dongkyun Kim // Wireless Days : proceedings of the 2013 IFIP Conference, Nov. 13–15, 2013, Valencia, Spain. – Valencia, 2013. – P. 1–5.
2. Dat Dac Hoang. Serviceoriented middleware architectures for cyber-physical systems / Dat Dac Hoang, Hye-Young Paik, Chae-Kyu Kim // International Journal of Computer Science and Network Security. – 2012. – Vol. 12, № 1. – P. 79–87.
3. Wu Fang-Jing. From wireless sensor networks towards cyber physical systems / Wu, Fang-Jing, Yu-Fen Kao, and Yu-Chee Tseng // Pervasive and Mobile Computing. – 2011. – Vol. 7, № 4. – P. 397–413.
4. Sanislav Teodora. Cyber-Physical Systems-Concept, Challenges and Research Areas / Sanislav Teodora, Liviu Miclea // Journal of Control Engineering and Applied Informatics. – 2012. – Vol. 14, № 2. – P. 28–33.
5. IEEE CS 2022 Report / Hasan Alkhatib, Paolo Faraboschi, Eitan Frachtenberg et al. – IEEE Computer Society, 2014. – 163 p.
6. Enabling cyber-physical systems with machine-to-machine technologies / J. Wan, H. Yan, Q. Liu et al. // Int. J. Ad Hoc and Ubiquitous Computing. – 2012. – Vol. 9, № 3/4. – P. 1–9.
7. Insup Lee. Health Cyber Physical Systems / Insup Lee, O. Sokolsky // Proceedings of the 47th ACM/IEEE Design Automation Conference. – Anaheim, 2010. – P. 13–18.
8. A Framework for the Safe Interoperability of Health Devices in the Presence of Network Failures / Cheolgi Kim, Mu Sun, Sibin Mohan et al. // Proceedings of the 1st ACM/IEEE International Conference on Cyber-Physical Systems. – Stockholm, 2010. – P. 149–158.
9. Yizheng Wang. Intelligent Human Resource Planning System in a Large Petrochemical Enterprise / Yizheng Wang, Lefei Li, Liuqing Yang // IEEE Intelligent Systems. – 2013. – Vol. 28, № 4. – P. 102–106.
10. Cyber-Physical-Social Systems for Command and Control / Zhong Liu, Dong-Sheng Yang, Ding Wen et al. // IEEE Intelligent Systems. – 2011. – Vol. 26, № 4. – P. 92–96.
11. El-Tawab S. Friend: A cyber-physical system for traffic flow related information aggregation and dissemination / S. El-Tawab, S. Olariu, M. Almalag // Proceedings of the 2012 IEEE International Symposium on World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM 2012), June 25–28, 2012, San Francisco, CA. – San Francisco, CA, 2012. – P. 1–6.
12. Черняк Л. Киберфизические системы на старте / Л. Черняк // Открытые системы. – 2014. – № 2. – С. 1–5.
13. Платунов А. Встраиваемые системы управления [Электронный ресурс] / А. Платунов // Control Engineering Россия. – 2013. – № 1 (43). – Режим доступа : www. URL: http://controlengrussia.com/programmnye-sredstva/vstraivaemy-e-sistemy-upravleniya/.

14. Cyber-Physical Systems. Driving force for innovation in mobility, health, energy and production / ed. Ariane Hellinger, Heinrich Seeger ; National Academy of Science and Engineering. – Springer Science & Business Media, 2013. – 47 p.

15. Internet of things: a practical implementation based on a wireless sensor network approach / V. Hahanov, A. Mischenko, Michele Mercaldi et al. // Proc. of 10th East-West Design & Test Symposium, September 14–17, 2012, Kharkov, Ukraine. – Kharkov, 2012. – P. 486–488.

16. Quantum models for data structures and computing / V. Hahanov, I. Hahanova, O. Guz, Murad Ali Abbas // Proceedings of the International Conference on Modern Problems of Radio Engineering Telecommunications and Computer Science (TCSET), Feb. 21–24, 2012, Lviv-Slavske. – Lviv, 2012. – P. 291.

17. Cloud Traffic Control System / V. I. Hahanov, O. A. Guz, A. N. Ziarmand et al. // Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2013), September 27–30, 2013, Rostov-on-Don, Russia. – Rostov-on-Don, 2013. – P. 72–76.

18. Cloud traffic monitoring and control / V. Hahanov, W. Gharibi, Baghdadi Ammar Awni Abbas et al. // Proceedings of the 2013 IEEE 7th International conference on intelligent data acquisition and advanced computing systems (IDAACS), September 12–14, 2013, Berlin, Germany. – Berlin, 2013. – P. 244–248.

19. A WSN approach to unmanned aerial surveillance of traffic anomalies: Some challenges and potential solutions / David Olalekan Afolabi, Ka Lok Man, V. I. Hahanov et al. // Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2013), September 27–30, 2013, Rostov-on-Don, Russia. – Rostov-on-Don, 2013. – P. 1–4.

20. IBM using analytics software to solve HR problems [Electronic resource]. – Access mode : www. URL: http://www.washingtonpost.com/business/on-it/ibm-using-analytics-software-to-solve-hr-problems/2014/08/06/ccef2f80-1cd7-11e4-82f9-2cd6fa8da5c4_story.html.

21. HR Analytics. A data-driven approach to building a smarter workforce [Electronic resource]. – Access mode : www. URL: http://www-01.ibm.com/software/analytics/solutions/operational-analytics/hr-analytics/.

22. Cognos Workforce Performance Talent Analytics [Electronic resource]. – Access mode : http://www-03.ibm.com/software/products/ru/workforce-talent-analytics.

23. Smarter human resources with IBM business analytics [Electronic resource]. – Access mode : www. URL: https://www14.software.ibm.com/webapp/iwm/web/signup.do?source=swg-BA_WebOrganic&S_PKG=ov15450&S_TACT=101KR64W&dynform=2981&lang=en_US.

24. How HR analytics can transform the workplace Software measures performance, predicts behaviour [Electronic resource]. – Access mode : www. URL: http://www.citeworld.com/article/2137364/big-data-analytics/how-hr-

analytics-can-transform-the-workplace.html.
25. Big Data in Human Resources: A World of Haves And Have-Nots [Electronic resource]. – Access mode : www. URL: http://www.forbes.com/sites/joshbersin/2013/10/07/big-data-in-human-resources-a-world-of-haves-and-have-nots/.
26. Big Data in Human Resources: Talent Analytics (People Analytics) Comes of Age [Electronic resource]. – Access mode : www. URL: http://www.forbes.com/sites/joshbersin/2013/02/17/bigdata-in-human-resources-talent-analytics-comes-of-age/.
27. Analysing analytics: what does big data mean for HR? [Electronic resource]. – Access mode : www. URL: http://www.hrzone.com/feature/technology/analysing-analytics-what-does-big-data-mean-hr/142802.
28. Cyber-Physical Systems. Driving force for innovation in mobility, health, energy and production / ed. Ariane Hellinger, Heinrich Seeger ; National Academy of Science and Engineering. – Springer Science & Business Media, 2011. – 48 p.
29. Cyber Physical Social Systems – Future of Ukraine / V. Hahanov, Wajeb Gharibi, A. P. Kudin et al. // Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2014), September 26–29, 2014, Kiev, Ukraine. – Kiev, 2014. – P. 67–81.

КИБЕРФИЗИЧЕСКАЯ СИСТЕМА – «ОБЛАЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТРАНСПОРТОМ»

(Cyber Physical System – Smart Cloud Traffic Control)

Владимир Хаханов

Аннотация. Предлагается киберфизическая система для облачного управления транспортом, представляющая собой интеллектуальную виртуальную инфраструктуру мониторинга и управления дорожным движением в реальном масштабе времени на основе использования глобальных систем позиционирования и навигации, автомобильных компьютеров, мобильных гаджетов, умных светофоров и Интернета в целях повышения качества и безопасности передвижения транспортных средств, а также минимизации временных и материальных затрат при движении автомобилей по заданным маршрутам. Основная инновационная идея – постепенный перенос светофоров с поверхности земли в виртуальное облачное пространство для управления транспортом, снабженным мобильным гаджетом или автомобильным компьютером, на экран (лобовое стекло) которого выводятся: карта с дорожными знаками, маршрут следования, координаты участника дорожного движения и реальные управляющие сигналы виртуального умного светофора. Предлагается комплекс инновационных технологий для решения социальных, гуманитарных, экономических, топливно-энергетических, страховых, криминальных и экологических проблем на основе создания и применения облачного сервиса цифрового мониторинга и управления транспортом. Упомянутые технологии и функциональные компоненты интегрируются в простую для реализации автоматную модель кибер-физической системы интерактивного взаимодействия в реальном времени инфраструктурного облака точного мониторинга и цифрового управления с гаджетом водителя или компьютером транспортного средства.

1. Введение. Настоящее и цифровое будущее планеты

Наноэлектроника, компьютер и киберпространство (Интернет) составляют сегодня три эволюционирующих уровня иерархии цифровой планеты. На их основе треть всех интеллектуальных ресурсов человечества в настоящее время трудится над созданием цифровой карты или зеркального структурного взаимно однозначного соответствия между процессами, явлениями реального и виртуального миров в целях повышения качества жизни человечества путем создания «зеленой» киберпланеты. Это означает оцифровывание не только всех мобильных и стационарных объектов, но и «чистого» структурированного земного пространства для точного задания координат процессов и явлений, происходящих на реальной планете. Цифровая карта последней постоянно эволюционирует от стационарности объектов к динамике процессов реального времени и уже используется для создания в киберпространстве облачных сервисов точного мониторинга и оптимального

(беспилотного) управления (движущимися) механизмами реального мира в измерениях: 1D, 2D, 3D.

Ускорение развития знаний о природе в последнее время связывается с технологической сингулярностью или взрывом в понимании законов микро- и макромира на коротком промежутке времени, что непременно приведет к созданию через два десятилетия глобального кибермозга для управления человечеством, а также процессами и явлениями реального мира. Это становится возможным благодаря развитию трех компонентов: биоинженерии, искусственного интеллекта киберпространства и нанотехнологий аддитивного производства промышленных изделий. Здесь имеется ввиду: 1) Встроенный интерфейс непосредственной связи мозга человека с компьютером и/или киберпространством путем устранения последовательных языковых интерфейсов между ними; 2) Создание искусственного интеллекта для самообучения и самосовершенствования небиологических (компьютерных) структур, программ и процессов; 3) Нано-выращивание компьютера путем аддитивного структурирования атомов. 4) Самое интересное решение связано с неотвратимостью отказа человечества от функций управления биологическими, социальными и техническими объектами и процессами в пользу киберсистем!

Рыночная привлекательность «зеленых» нанотехнологий восходящего проектирования – построение или выращивание (квантового) компьютера путем структурирования атомов – заключается в безотходности, микроминиатюрности, сверхнизком энергопотреблении, абсолютно минимальной затратности материалов, а в будущем и стоимости, сверхвысоком быстродействии и требуемой масштабируемости, соизмеримой с классом доставляемых сервисов. Современные технологии позволяют сегодня не только сканировать атомные структуры, но и последовательно строить или выращивать их методом 3D-печатания. Однако на пути решения проблемы нано-технологического направления разработки квантового компьютера на рынке имеется три привлекательных, но еще не решенных задачи: 1) Открытие технологий с высоким быстродействием выращивания требуемых гетерогенных атомных структур в соответствии с заданной программной спецификацией вычислителя; 2) Создание эффективного транзакционного механизма для реализации простого мониторинга и управления квантовыми состояниями выращенных атомных вычислительных структур с адресуемыми компонентами; 3) Обеспечение требуемой во времени стабильности состояний компонентов атомной структуры, реализующей память.

Стадии эволюционирования киберпространства планеты иллюстрируют последовательные периоды перехода научно-технологической моды от мониторинга (отображения) физических, биологических и социальных процессов к их управлению на основе взаимодействия реальных и виртуальных структур: 1) 1980-е годы – формирование парка персональных компьютеров; 2) 1990-е годы – внедрение Интернет-технологий в производственные процессы и быт человека; 3) 2000-е годы – повышение

качества жизни за счет повсеместного использования мобильных устройств и облачных сервисов; 4) 2010-е годы – создание цифровой инфраструктуры мониторинга, управления и взаимодействия между собой стационарных и движущихся объектов, включая воздушный, морской, наземный транспорт и роботов; 5) 2015-е годы – создание глобальной цифровой инфраструктуры киберпространства, где все процессы и явления идентифицируются во времени и в трехмерном пространстве, постепенно превращаясь в интеллектуальные компоненты мониторинга и управления кибер-физического пространства (Internet of Things, Smart Everything). При этом достаточно ясно прослеживается процесс интеллектуализации и интеграции физических и виртуальных систем: Embedded Systems – Networked Embedded Systems – Cyber Physical Systems – Internet of Things, Data and Services [36] для решения научных, технологических, экономических, политических и социальных проблем. Конкретно, под структурную дикцию киберфизических систем подпадают следующие отрасли: автомобильная промышленность, медицина, энергетика, автоматизация производства, мобильная связь, локация и навигация, сельское хозяйство, транспортная логистика, создание умных городов, зданий и домов, социальные сети и сообщества, организация дорожного движения, управление физическими и виртуальными процессами.

Куда сегодня стремится реальный кибернетический мир? Корпоративные сети, персональные компьютеры, а также отдельные сервисы (программные продукты) уходят в облака киберпространства, которые имеют ярко выраженную тенденцию к расслоению Интернета по специализированным сервисам. Если сегодня 4 миллиарда пользователей соединяются в интернете (1 zettabytes = $10^{21} = 2^{70}$ байт) посредством 50 миллиардов гаджетов, то через пять лет каждый активный пользователь будет иметь не менее 10 устройств для связи с киберпространством. Становится невозможным использование персональных гаджетов и компьютеров без частичного или полного их отображения и синхронизации на облаках Интернета. Это дает возможность решать проблему удаленного доступа к личным данным и сервисам персонального компьютера при перемещении пользователей в пространстве. Экономический фактор неэффективного использования приобретенных приложений, размещенных в гаджетах и персональных компьютерах, заставляет пользователя отказываться от их покупки в пользу почти бесплатной аренды сервисов на облаках. Все упомянутое выше является существенным аргументом и неоспоримым доказательством неминуемого перехода всего человечества в киберпространство виртуальных сетей и компьютеров, располагаемых в профессионально надежных облаках сервисов. Достоинства виртуального мира заключаются в том, что микро-ячейки и макро-сети в облаках инвариантны по отношению к многочисленным гаджетам каждого пользователя или корпорации. Облачные технологии снимают практически все упомянутые выше проблемы надежности, безопасности, сервисного обслуживания и практически не имеют недостатков. В связи с глобальным переходом корпораций и пользователей в облака чрезвычайно актуальной и рыночно привлекательной

становится проблема защиты информации и компонентов киберпространства от несанкционированного доступа, деструктивных проникновений, вирусов. Необходимо создавать надежную, тестопригодную и защищенную от несанкционированных проникновений инфраструктуру киберпространства и его компонентов (виртуальные персональные компьютеры и корпоративные сети) по аналогии с существующими сегодня решениями в реальном кибернетическом мире. Таким образом, каждый сервис, разрабатываемый в реальном мире, должен быть помещен в соответствующую ячейку облака, которое объединяет близкие по функциональностям и полезные человеку компоненты. Сказанное непосредственно относится и к сервисам проектирования цифровых систем на кристаллах, которые экономически и технически целесообразно хранить в киберпространстве для последующего использования по назначению. Персональный компьютер превращается в удобный интеллектуальный микроминиатюрный интерфейс для доступа к собственной цифровой ячейке или к желаемому облачному сервису киберпространства. Для создания персональных интерфейсов-гаджетов в форме цифровых систем на кристаллах рынок нано-электронных технологий предоставляет разработчикам до 1 миллиарда вентилей на пластине размерностью 2х2 см при ее толщине, равной 5 микрон. При этом современные технологии допускают создание пакета или «сэндвича», содержащего до 7 кремниевых кристаллов. Практически «беспроводное» соединение таких пластин основывается на технологической возможности сверления порядка 10 тысяч сквозных отверстий (vias) на 1 квадратном сантиметре. Кроме того, появление трехмерных FinFETs транзисторов и основанных на них 3D-технологий реализации объемных цифровых систем предоставляют новые возможности для создания более быстродействующих вычислительных устройств за счет уменьшения задержек. Имея упомянутые технические возможности, можно и нужно использовать «жадные» к аппаратуре модели и методы для создания быстродействующих средств параллельного решения практических задач. Для этого следует использовать дискретность и многозначность структур описания информационных процессов, свойство параллелизма, заложенное в квантовых вычислениях, что сегодня является востребованным при создании эффективных и интеллектуальных вычислителей для анализа киберпространства, облачных структур Big Data, а также для проектирования новых функциональностей Интернета. Взаимодействие облачных управляющих сервисов с реальными земными сенсорами и активаторами (исполнительными механизмами) создает новое, и еще не достаточно распространенное, понятие Traffic Cyber Physical Systems (TCS). (Cyber-Physical System – совокупность взаимосвязанных реальных и виртуальных компонентов с выраженными функциями адекватного физического мониторинга и оптимального облачного управления для обеспечения качества продукции, процессов или сервисов в условиях ограничений на время и ресурсы.) Одним из ее вариантов является система интеллектуального (умного) облачного управления дорожным движением. Она основана на цифровом отображении в киберпространстве земной

инфраструктуры дорог и движущихся объектов для последующего моделирования всех процессов на облаке с целью предложить каждому водителю качественные условия исполнения маршрута с экономией времени и средств, где сенсорами и активаторами системы выступают мобильные гаджеты или автомобильные компьютеры. Технологической средой, объединяющей реальные и виртуальные компоненты киберсистемы оптимизации трафика в масштабах планеты является Интернет. Феномен его становления и развития характеризуется интегрированием взаимодействия физических и виртуальных объектов в пространстве и во времени путем наслоения и последующего глубокого взаимного проникновения исторически складывающихся Интернет-культур: 1) Слой объединения стационарных компьютеров в единую паутину для повышения вычислительной и информационной мощности планеты. 2) Слой интегрирования мобильных устройств, дающий возможность коммуникации между пользователями в социальных сетях и доступа к ресурсам Интернет, инвариантного к местоположению человека. 3) Слой объединения всех постепенно «умнеющих» (Smart Everything, TV) вещей, объектов, процессов и явлений в целях их распознавания, мониторинга и управления – Internet of Things. 4) Слой сервисов интегрирования всех движущихся объектов на планете в целях мониторинга значимых живых существ, позиционирования, навигации и беспилотного управления искусственных механизмов и транспортных средств. Все движущиеся механизмы автономно взаимодействуют между собой посредством Интернет, сервисы которого дают возможность их точного позиционирования и квазиоптимальной навигации без участия человека. Таким образом, четыре слоя Интернета, создаваемые за последние 40 лет, образуют организм замкнутой кибер-физической системы планеты, которая объединяет физический и виртуальный миры для повышения качества жизни человека. 5) Слой интегрирования накопленной человечеством информации на Big Data структурах, заполняемых интеллект-историей, и сверхмощных параллельных вычислителей-сервисов для их анализа завершит создание кибермозга человечества, который будет управлять кибер-физическим пространством (Cyber Physical Space) планеты и его совершенствованием. Таким образом, управление физическими и социальными процессами постепенно будет смещаться с Земли в облачное киберпространство, что приведет к созданию общей виртуальной технологии законного управления человечеством с высоким уровнем коллективного доверия, свободной от ошибок субъективизма социальных управленческих элит. Как следствие, облачная киберсистема сделает глобальный и локальный менеджмент справедливым, а планету – максимально зеленой, поскольку главной целью управления будет сохранение экосистемы планеты и условий для качественной жизни как человека, так и социальных образований.

2. Рыночная привлекательность и характеристика проекта TCS

Каждые четыре года локально меняется технология производства товаров и сервисов в определенном рыночном сегменте, которая требует переобучения

кадров, смены инфраструктуры, системы управления и отношений, но главное – направления движения на рынке товаров и научно-образовательных услуг. Каждые 20 лет в передовых отраслях глобально меняются технологические уклады типовых производств, которые требуют миллиардных капиталовложений, неподъемных даже для лидеров в рыночных сегментах, формирующих основные капитал-индексы на Уолл-стрите. Это означает, что новый технологический уклад формируется только на основе взаимной кооперации тех компаний и стран, которые имеют свободные капиталы, подготовленные кадры и идеи, точно попадающие в "десятку" мишени рыночной моды следующего 20-летия. Именно сегодня компании и университеты Украины могут совершить технологический рывок на рынке товаров и услуг, включая самую модную триаду (био- и нано-технологии, искусственный интеллект), формирующую важнейший Cyber-Physical-Space-сегмент Nasdaq-рынка: Internet of Things, Smart Everything and Cyber-Physical Systems. Украина должна присоединиться кадровым потенциалом к научно-технологической гонке евро-американо-азиатских компаний, чтобы занять в будущем призовое место на пьедестале экономического роста Европы. Потенциал страны фантастически велик (кадры, центровая территория, научно-образовательная культура). Для его использования в модном рыночном направлении Cyber-Physical-Space должна быть выработана политическая воля – управляющее воздействие, создающее всесторонние условия для формирования научно-технологической культуры, как основы европейского будущего Украины. Самые интересные глобальные проекты сегодня выполняются под эгидой объединения двух пространств в единое целое. Кибер-физическое пространство – метрика взаимодействия (взаимной интеграции) физических, биологических и социальных объектов, процессов и явлений с виртуальными или облачными технологиями управления – призвано интегрировать наиболее перспективные кибер-физические технологические решения. Самое интересное из них связано с неотвратимостью отказа человечества от функций управления биологическими, социальными и техническими объектами и процессами в пользу киберсистем!

Источники финансирования проекта: 1) Государственные структуры (министерства: образования и науки, транспорта, внутренних дел); 2) Частные инвесторы Украины и зарубежья; 3) Европейские и американские межгосударственные программы; 4) Start-up предложения для инверстиционных программ ведущих компаний планеты (Google, IBM, Microsoft, Apple); 5) Венчурные и автомобильные компании развитых стран. 6) Собственные средства разработчиков и участников проекта.

Источники получения прибыли: 1) Арендная плата за облачный сервис управления трафиком со стороны водителей; 2) Плата за размещение рекламы; 3) Арендная плата за корпоративный облачный сервис мониторинга и управления трафиком транспорта предприятия; 4) Отчисления государственных служб за специальный сервис мониторинга и управления транспортными средствами; 5) Отчисления муниципальных государственных

служб за сервис мониторинга транспортными средствами и управления уличными (виртуальными) светофорами городской инфраструктуры. 6) Продажа акций, благодаря капитализации бизнеса и открытому акционированию активов компании-разработчика облачного сервиса. 7) Продажа Start-up TCS-проекта одной из компаний Google, Apple или Samsung за 150 миллионов долларов.

Технико-экономическое обоснование проекта в масштабах Украины и мира: 1) Страна имеет сегодня 120 тысяч фирм, среди которых 70 тысяч – субъекты IT-индустрии, более 7 тысяч – транспортные компании и государственные структуры, заинтересованные в сервисах мониторинга и управления корпоративных транспортных средств. Кроме того, 9 миллионов автомобилей по стране потенциально нуждаются в облачных сервисах, обеспечивающих мониторинг и управление дорожной обстановки по заказанному маршруту движения. Далее, обслуживание и эксплуатационные расходы одного светофора обходятся казне примерно в 50 долларов на год, а его установка стоит от 1000 до 10000 долларов. Количество таких устройств по Украине равно 80 000 штук. Их разовая установка и эксплуатационные расходы (за 10 лет службы) составляют в среднем: (5500 + 500) х 80000 = $480 000 000 бюджетных денег. Полмиллиарда долларов на светофоры можно превратить для бюджета страны практически в нулевые затраты на виртуальное размещение и эксплуатацию в облачном сервисе устройств управления трафиком. В масштабах всей планеты можно освободить для нужд человечества порядка 500 миллиардов долларов. К тому же весь арсенал земных светофоров “пожирает” миллионы киловатт-часов электроэнергии, что не делает планету зеленее. Сюда же можно добавить сотни тысяч тонн металла, сотни тысяч километров кабелей и проводов. Без всего перечисленного можно обойтись, простым переносом светофоров в киберпространство управления трафиком, наложеное на карту инфраструктуры земных дорог. Экономический эффект от переноса в масштабе Украины – 500 миллионов долларов только за счет ликвидации расходов на содержание и установку устройств управления перекрестками. 2) Вторая часть рыночно ориентированной иннновации проекта заключается в 15% экономии топлива за счет предложения со стороны облачного сервиса квазиоптимальных маршрутов в реальном времени, а также в 15 % уменьшении времени исполнения поездки, что существенно повлияет на себестоимость перевозки грузов и пассажиров. Экономия от использования облачного сервиса для одного водителя в год составляет: 15000 гривень – средняя стоимость годового потребления бензина х 0,15 = 2250 гривень или 200 долларов. В целом по стране это даст возможность сохранить в кошельке владельцев автомобилей кругленькую сумму, порядка: 200х9 000 000= 1 800 000 000 долларов. Примерно такая же сумма получается за счет 15 % экономии времени прохождения заказанного маршрута, что по стране создает интегральную экономию средств трудящихся в размере 3,6 миллиардов долларов в год. 3) Затраты на создание промышленного макета масштабируемой облачной кибер-физической системы управления трафиком

городского фрагмента (улица Клочковская, город Харьков) включают покупку и инсталляцию программно-аппаратного обеспечения (M1=$200000), разработку и верификацию новых программно-аппаратных компонентов облачного управления, интегрированных с упомянутыми выше промышленными покупными изделиями (M2=$500000), оснащение 100 автомобилей, участвующих в экспериментах, мониторами для облачного управления транспортом (M3=$100000). Оснащение перекрестков городского фрагмента инфраструктуры микроконтроллерами с приемо-передатчиками для создания дублирующего улицу облачного макета, синхронного работающего с реальными светофорами (M4=$100000). 4) Суммарные затраты для проведения реальных экспериментов на фрагменте городской инфраструктуры составляют: M=M1+M2+M3+M4=$900000. Накладные расходы – $100000. В масштабе Украины интегральные затраты не будут носить аддитивного характера в процессе масштабирования, поскольку система управления создается инвариантной к размерности инфраструктурного участка дорог, но которая потребует создания мощного дата центра, стоимостью $10 000 000. Кроме того, возникают затраты, связанные с нанесением и актуализацией всех дорожных светофоров (дорожных знаков) на существующие карты, порядка $1000000. Таким образом, интегральные затраты на создание масштабируемого программно-технического комплекса облака кибер-физической системы управления, интегрированного с фрагментом городской инфраструктуры и с автомобильной экспериментальной группой составляют: 900000 + 10000000 + 1000000 + 100000 = 12 000 000 долларов. 5) Доходы компании-резидента, в долларах, от внедрения облачной системы управления трафиком будут определяться следующими составляющими: поступлением арендной оплаты за облачный сервис от транспотных компаний 7000x1000 = 7000000. Оплатой трафик-сервисов, поступающей от водителей личных автомобилей 100 x 9 000 000 = 900 000 000. Учитывая, что киберсистема облачного управления транспортом станет по значимости равной Google-сервисам, то уровень капитализации такого Интернет-слоя ожидается порядка 10-50 миллиардов долларов. При этом ожидаемые поступления от рекламы составят не менее 5 процентов (500 миллионов долларов). Через 5-10 лет автомобильный кибер-слой Интернета объединит в интеллектуальную сеть один миллиард автомобилистов вместе с автомобилями и 4 миллиарда жителей планеты. Уровень капитализации всех компаний, формирующих кибер-слой управления транспортом может интегрально достигнуть 300-500 миллиардов долларов. Автомобиль с монитором, компьютером и Интернетом станет рабочим местом и зоной отдыха, где водитель будет проводить до 20 % свой жизни, решая производственные и социальные проблемы общения в процессе передвижения. Экономически от внедрения сервиса управления выигрывают все: водители – от экономии топлива и путевого времени, компании – от снижения себестоимости доставки грузов и пассажиров, государство и природа – от снижения преступности, транспортных правонарушений, уровня выхлопных газов и повышения безопасности движения транспорта. Однако

кроме финансовых затрат на создание и внедрение облачного сервиса управления трафиком наобходимо с помощью государственных законов и организационных мероприятий воспитывать у жителей планеты новую технологическую культуру передвижения по улицам и дорогам, основанную на повсеместном использовании мобильного монитора, который в той или иной форме имеет 80% населения Земли уже сегодня.

Стадии инновации на стороне сервер-облака и гаджет-пользователя: 1) Создание квантовых структур данных для параллельного хранения данных и матричного анализа Big Data форматов киберпространства. 2) Разработка квантоподобных виртуальных параллельных процессоров для быстрого поиска, распознавания и принятия квазиоптимальных решений по управлению транспортом и инфраструктурой городов. 3) Создание комплекса программ для реализации облачных сервисов мониторинга и управления транспортом и дорожным движением в реальном времени на основе использования виртуальных облачных светофоров. 4) Разработка и практическая реализация модели экспериментального участка города для управления дорожным движением с помощью облачных светофоров, мониторинга и управления транспортными средствами с анимационной визуализацией всех масштабируемых процессов на экране монитора. 5) Верификация и внедрение программных и технических средств облачного сервиса мониторинга и управления дорожным движением путем испоьзования виртуальных светофоров, а также имплементация сервисных программных продуктов для водителя при движения по заданному маршруту.

Собственная оценка научно-технического уровня проекта: 1) Не имеет аналогов в Украине – в части создания облачного сервиса мониторинга и управления дорожным движением, инфраструктурой уличных светофоров и предоставления сервисов прокладки оптимальных маршрутов в реальном масштабе времени. 2) На уровне существующих в мире аналогов – в части интеллектуального управления уличными светофорами, которое учитывает дорожную ситуацию на каждом перекрестке в режиме реальном времени. 3) Не имеет аналогов в мире – в части реализации управления транспортными потоками на основе использования умных (виртуальных) облачных светофоров, выводимых на экраны мониторов автомобилей и управляемых реальными транспортными потоками.

Стадия готовности бизнес-плана: 1) Проведение маркетинговых исследований – 90 % от запланированных мероприятий. 2) Уровень описания бизнес-процессов – 80 %. 3) Технико-экономическое обоснование – 90 %. 4) Состояние экономических расчетов – 80 %. 5) Календарный план выполнения проекта – 80 %. 6) План производства масштабируемых виртуальных инфраструктур городов – 50 %. 7) План сбыта продукции – виртуальных инфраструктур городов и облачных сервисов – 70 %.

Права интеллектуальной собственности: заявки на получение патентов: 1) Модель автоматного мониторинга и управления дорожным движением на основе использования виртуального уличного светофора, отображаемого на экране автомобильного монитора. 2) Автоматная модель кибер-физической

системы, создающей взаимодействие реальной и виртуальной инфраструктуры дорожного движения, формирующих сервис физического мониторинга, облачного управления и прокладывания квазиоптимальных маршрутов. 3) Модель взаимодействия квантоподобных структур данных с виртуальным процессором для параллельной обработки информации в целях управления светофорами и движением автомобилей по выбранному маршруту в реальном времени. 4) Модель умного светофора, организующего, совместно с автомобильными компьютерами или гаджетами, вычислительную сеть для квазиоптимального, с позиции минимизации суммарного времени, переезда перекрестка всеми участниками дорожного движения.

Интеллектуальный виртуальный светофор. Ключевой инновационный компонент инфраструктуры TCS – виртуальный и/или реальный смарт-светофор (Smart-Streetlight – SS) функционально представляет собой стационарный микроконтроллер (цифровую систему на кристалле) с приемопередатчиком, непосредственно связанный с облаком управления трафиком. Он организует беспроводную сеть для взаимодействия с автомобильными компьютерами (Car-Computer – CC) на дистанции до 100 метров по протоколу Wi-Fi. Состояние светофора доступно для мониторинга в облачном сервисе Интернета и выводится на экраны всех машин, которые по маршруту следования пересекают перекресток и тех, которые находятся в зоне его компетенции. Сигналами светофора могут управлять дистанционно специальные службы, или запросы от автомобилей, пересекающих перекресток. Умный светофор сканирует и обрабатывает все заявки от транспортных средств, поступающих через TCS-облако в реальном масштабе времени. Он генерирует соответствующие сигналы управления, функционально зависимые от дорожной обстановки на сторонах перекрестка. Все светофоры города объединяются в сетевой технологический слой облачного сервиса, который обслуживает инфраструктуру улиц и дорог в интеллектуальном и/или автономном режимах с возможностью ручного и/или дистанционного управления. Метод управления светофором использует взятие булевой производной по линиям движения. Последние имеют линейные графики накапливания $N^{\bullet} = k*t + b$ и пропуска автомобилей $N^{\circ} = -k*t + b$ через перекресток – узкое горлышко дорожной инфраструктуры – с периодом сканирования автомобилей, равным 1 секунде. Здесь k – пропускная способность или количество проезжающих автомобилей через перекресток в секунду, t – реальное время, b – исходное количество машин на перекрестке. Вычисление или обновление производной по линиям движения перекрестка для формирования сигналов светофора осуществляется синхронно с указанным периодом, но изменение его состояния, при наличии очередей на всех сторонах перекрестка, осуществляется с задержкой, минимизирующей коллизии (суммарное время простоя автомобилей) на всех линиях движения транспортных потоков. Цикл переключения светофора имеет минимальный период, равный времени проезда перекрестка автомобилем. Максимальный

период на линии движения ограничен возникновением (наличием) заявок на проезд перекрестка со стороны пересечений.

Светофор, как изначально примитивное средство регулирования движением на перекрестке постепенно трансформируется в специализированную киберфизическую систему мониторинга и управления, включающую компоненты: LED-монитор, видеокамера, Wi-Fi приемо-передатчик для связи с автомобильными компьютерами и Интернетом, программные средства интеллектуального управления транспортом. Последние уже сегодня используют высокую математическую культуру: теории автоматов, очередей и знаний, сети Петри и нейронные сети, генетические алгоритмы и ускоренного обучения (reinforcement learning). Система светофорных агентов или сенсоров для мониторинга транспорта включает: достаточно дорогие видеодетекторы и индуктивные петли, встроенные в дорожное покрытие, значительно реже используются звуковые индикаторы шума, микроволновые радары. Избавиться от всех агентов светофора можно путем цифровой идентификации автомобилей на основе точного позиционирования автомобильного гаджета или компьютера.

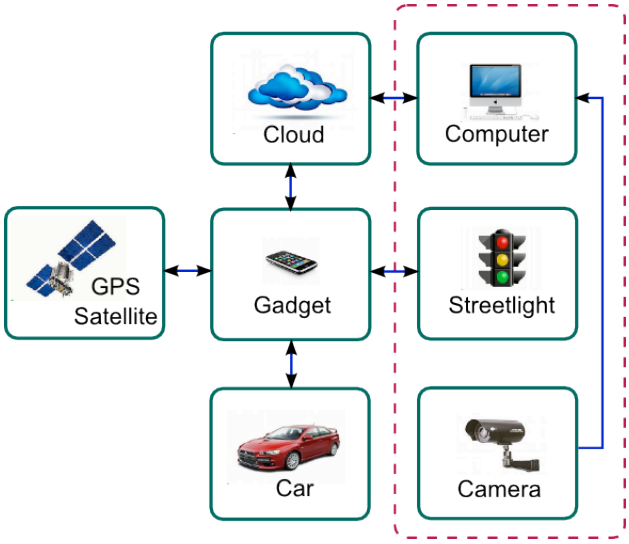


Рис. 1. Взаимодействие светофора с инфраструктурой перекрестка и TCS-облаком

Сегодня таким агентом может быть мобильный телефон водителя авто, который с помощью глобальной системы позиционирования делегирует свое местоположение в облако управления трафиком. В ответ мобильный телефон получает все сервисы по управлению дорожным движением: сигналы облачного виртуального светофора, синхронизированные с реальными светофорами, оптимальные маршруты передвижения, «зеленую волну» при неинтенсивном трафике, экономию времени и топлива. Взаимодействие светофора с системой управления движением по перекрестку показана на рис. 1, где представлены: Streetlight – LED-монитор, Gadget – гаджет автомобиля или мобильный телефон, автомобиль, идентифицируемый на облачной карте гаджетом водителя, GPS Satellite – для точного позиционирования транспорта или гаджета, Camera – видеокамера наблюдения движением на перекрестке,

Computer – для реализации умного управления светофором, TCS-облако-сервис управления трафиком в Интернете.
Красным пунктиром обведены физические компоненты, которые со временем переместятся в виртуальное пространство, что позволит сделать инфраструктуру дорог намного более зеленой. Существенным дополнением к функциональности управления светофором может служить технологическое решение, предложенное в [33-35]. Анализ показывает, что к 2020 году большая часть ДТП будет происходить на перекрестках. Наиболее частыми причинами аварий здесь являются неадекватные наблюдения (44,1%), ложные предположения о маневрах других автомобилей (8,4%), повороты с затрудненным обзором (7,8%), незаконные маневры (6,8%), внутренние отвлечения внимания (5,7%), недооценка интервала или скорости других транспортных средств (5,5%). Повышение безаварийности переезда перекрестка авторы связывают с распределенным взаимодействием (vehicular ad hoc networks – VANET) автомобилей между собой по протоколу V2V (IEEE 802.11p) посредством использования беспроводных гаджетов, предполагающим наличие виртуального светофора VTL для формирования управляющих сигналов по принципу Car2X. Увеличение пропускной способности перекрестка без дополнительных затрат на расширение инфраструктуры авторы связывают с двумя взаимодействиями Car2Car и Car2(X)VTL, которые формируют интеллектуальную децентрализованную сеть, на 60% повышающую пропускную способность перекрестка. Дальнейшее совершенствование уличного светофора в инфраструктуре городов связано с его превращением в киберфизическую систему управления движением на перекрестке, структура которой представлена на рис 2.

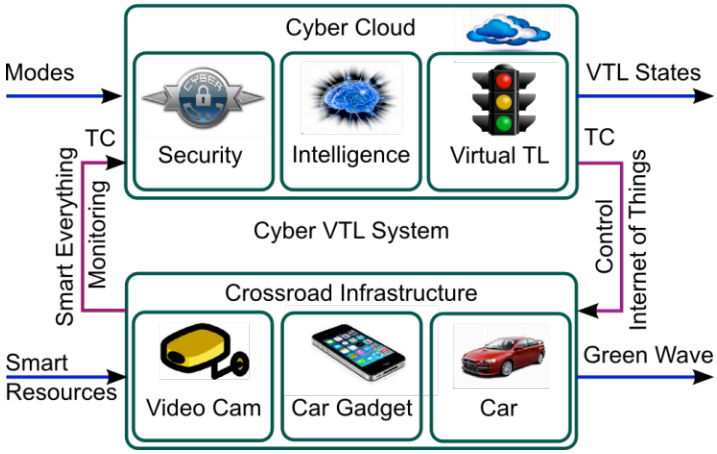


Рис. 2. Киберфизическая система VTL-управления транспортом на перекрестке

Кибер VTL-система предназначена для организации «зеленой волны» при проезде перекрестка автомобилем и содержит два основных компонента: виртуальный – Cyber Cloud и физический – Crossroad Infrastructure. Первый из них предназначен для формирования управляющих воздействий, формирующих сигналы светофора, зависящие от предыстории, реального трафика на перекрестке. Второй компонент выполняет мониторинг дорожной обстановки с помощью видеокамер, умных датчиков и автомобильных

гаджетов. Взаимная связь облачного светофора с физической инфраструктурой перекрестка осуществляется с помощью телекоммуникационных средств (ТС): GPS Satellite, мобильного Интернета, GSM/GPRS. Вместе с тем, киберсистема имеет возможность ручного управления светофором путем использования входа Mode, а также наблюдения за его состояниями в процессе функционирования по выходу VTL States. Два блока Intelligence и Security обеспечивают реализацию умных алгоритмов управления в зависимости от реального трафика, а также защиту светофора от несанкционированного доступа. Инновационная ценность киберфизической системы VTL-управления транспортом на перекрестке заключается в использовании виртуального светофора, его интеллектуальном управлении в зависимости от дорожной обстановки, а также в мониторинге последней путем сбора сигналов позиционирования и маршрутизации транспорта от гаджетов автомобилей.

Календарный план выполнения проекта “Киберсистема – облачное управление транспортом” расчитан на три года. 1) Первый год. Финансирование 5 миллионов долларов. Организация и учреждение субъекта предпринимательской деятельности в виде лаборатории «**Traffic Cyber Systems**» в Украине. Основатели: ХНУРЭ и ХАДИ, а также заинтересованные лица, компании и организации. Создание математического кибер-слоя проекта в форме моделей методов, Big Data структур данных, новых виртуальных облачных (Memory-Transaction) МТ-вычислителей и средств анимационного моделирования киберпространства управления транспортом. Разработка и реализация алгоритмов квазиоптимального управления светофором, оптимизации маршрутов движения с использованием истории. Создание алгоритмов эргономической анимации в целях визуализации процессов мониторинга и управления дорожных ситуаций, связанных с перекрестками на стороне облака (сервера). Разработка алгоритмов эргономической визуализации управляющей инфраструктуры на существующих картах для вывода графических данных на мониторы автомобилей. Программная имплементация алгоритмов в облачные сервисы транспортного слоя киберпространства. 2) Второй год. Финансирование 3 миллиона долларов. Разработка технологического кибер-слоя проекта в форме взаимодействия программно-аппаратных компонентов кибер-физической системы, интегрирующей существующие и новые разработки: картографию, светофоры, автомобильные компьютеры в единую автоматную модель управления транспортом в реальном времени. Проектирование информационного, методического и лингвистического обеспечений киберсистемы. Тестирование и верификация виртуальной части киберсистемы. 3) Третий год. Финансирование 4 миллиона долларов. Создание технического и организационного кибер-слоев проекта для последующего выполнения мероприятий по интегрированию реальной управляющей инфраструктуры дорог и автомобилей с виртуальным киберпространством. Разработка глубокой мультиверсной системы защиты всех программно-технических компонентов облачного сервиса управления транспортом и последующая верификация промышленного образца системы облачного управления трафиком на

фрагменте городской инфраструктуры с использованием специально оснащенных автомобилей и умных облачных светофоров, синхронизированных с реальными. Создание дата центра (extra money $10M) и масштабирование киберсистемы. Актуализация картографического слоя путем виртуального нанесения на электронную карту инфраструктуры светофоров и их синхронизация с реальными устройствами управления перекрестками на переходный период. Создание Интернет-системы банковской поддержки для аккумулирования постоянных, периодических арендных и разовых платежей. Проектирование документации сопровождения проекта, рекламная кампания по преимуществам киберсистемы облачного управления дорожным движением с использованием пресс-релизов, телевидения, Интернета, международных конференций.

3. Формальная модель облачного управления транспортом и задачи исследования

Цель – повышение качества и безопасности дорожного движения за счет создания кибер-физической системы – интеллектуальной инфраструктуры дорожного движения (TCS), включающей мониторинг и управление в реальном масштабе времени [1,3] на основе использования мобильных гаджетов транспортных средств и облачных (виртуальных) светофоров, что дает возможность повысить качество жизни водителя, минимизировать временные и материальные затраты при организации дорожного движения, а также создавать инновационные решения социальных, гуманитарных, экономических и экологических проблем.

Объект исследования – облачные кибер-системные технологии мониторинга и управления транспортными средствами на основе использования виртуальных светофоров, дорожных знаков и мобильных гаджетов для идентификации, радиолокации и радионавигации участников дорожного движения.

Предмет исследования: транспортные потоки, виртуальная инфраструктура дорожных сообщений, программно-аппаратные мобильные системы идентификации, мониторинга и управления дорожным движением на основе применения виртуальных светофоров.

Сущность исследования – создание кибер-физической системы в виде интеллектуального облака управления дорожным движением (**Cyber** Physical **System – Smart Cloud Traffic Control**) в реальном масштабе времени на основе создания облачной инфраструктуры дорожного движения (рис. 2), интегрированной с виртуальными уличными светофорами и дорожными знаками, мобильными средствами идентификации автомобилей в целях повышения качества и безопасности передвижения транспортных средств, минимизации временных и материальных затрат при исполнении заданных маршрутов.

Инновационное предложение: Интеллектуальное облачное управление дорожным движением (Smart Cloud Traffic Control) имеет целью включение параметра времени в цифровую карту планеты, а также постепенный перенос дорожных знаков и светофоров в облака, что радикально озеленяет

инфраструктуру дорожного движения на земле и создает потенциальные возможности для экономии: тысяч тонн металла на изготовление светофоров и ненужных автомобильных номеров, миллионов киловатт часов-электроэнергии на поддержание работоспособности, миллионов долларов на установку светофоров, дорожных знаков и эксплуатационные расходы, а также уменьшение времени установки и актуализации светофоров в виртуальной инфраструктуре городов с нескольких дней до нескольких минут.

Формальная модель киберсистемы представлена в виде двух облачных компонентов или механизмов [1]: 1) f – мониторинг и управление; 2) g – исполнительные инфраструктурные механизмы, которые связаны между собой сигналами мониторинга, управления и инициирования обоих компонентов для реализации сервисов. Аналитическая форма [4] задания TCS-системы и ее структурный эквивалент изображены на рис. 3.

В модели фигурируют $A = (f, g, \mu, \upsilon, X, R, Y, P)$ соответственно: блоки управления и исполнения, сигналы мониторинга и управления, входы управляющих заданий и исполнительных ресурсов, выходы индикации состояния алгоритма реализации задания и предоставления сервиса. Здесь также присутствуют сигналы внешнего управления дорожным движением $X = (v, p, s)$ для регулирования проезда правительственных персон, полицейских машин и автомобилей специального назначения соответственно. Сигналы управления транспортом $\upsilon = \{L_i, L_t, L_h, L_x\} = L$ используют виртуальный светофор, работающий в режимах: 1) интеллектуальный, функционально зависимый от дорожной обстановки; 2) автоматический, с фиксированными периодами переключения; 3) ручной виртуальный режим на основе цифрового мониторинга перекрестка на экране полицейского компьютера, аналог – управление воздушным транспортом с помощью монитора диспетчера в аэропорту; 4) экстренный останов $L_x \in \upsilon$ транспортного средства по цифровому запросу полиции, который визуализируется на экране монитора гаджета автомобиля. Облачному мониторингу подлежат соответственно: $\mu = [G(k), L, M, \vec{P}]$ все мобильные гаджеты автомобилей с их координатами, состояния светофоров, привязанные к карте местности M, а также исполнение заказанных маршрутов движения транспорта.

Перенос светофора $L \in \{\upsilon, P\}$ с реального перекрестка на облачный завершает создание виртуальной инфраструктуры планеты, образуя замкнутый цикл системы мониторинга и управления с единственным реальным компонентом в виде мобильного гаджета $G\{R, P\} = \{G(k), L, M, \vec{P}\}$ участника дорожного движения (УДД). Гаджет реализует функцию интерфейса для связи с облаком: R-вход в облако – заказ сервиса $R = (G, \vec{P})_R$ (делегирование в облако ID-гаджета и пути передвижения) и P-выход из него – получение сервиса $P = [M, G(k), \vec{P}, L]$ (карта, координаты гаджета, оптимальный маршрут, светофор).

$$A = (f, g, \mu, \upsilon, X, R, Y, P),$$
$$\begin{cases} Y_t = f[(X, R, \mu)_t, Y_{t-1}]; \\ P_t = g[(X, R, \upsilon, Y)_t]. \end{cases}$$
$$X = (v, p, s); Y = [G(k), L, M, \vec{P}];$$
$$R = (G, \vec{P})_R; P = (G(k), L, M, \vec{P})_P;$$
$$\mu = [G(k), L, M, \vec{P}];$$
$$\upsilon = \{L_i, L_t, L_h, L_x\} = L;$$
$$G\{R, P\} = \{G(k), L, M, \vec{P}\}.$$

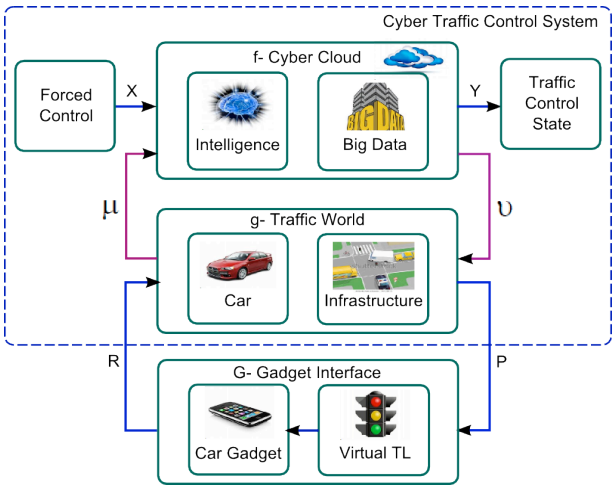


Рис. 3. Аналитическая и автоматно-содержательная формы TCS-системы

Участник получает сервис оконного скроллинга карты и сигналы светофоров в реальном масштабе времени по пути движения $\vec{P}$, если он делегирует свой гаджет в облако. При заказанном пути он дополнительно получает квазиоптимальный маршрут движения и приоритетный проезд светофоров. На самом деле систему с позиции пользователя создают два компонента: облако и гаджет. При этом новизна и оригинальность системы заключается в предоставлении облачного сервиса – сигналов светофора на экране гаджета участника дорожного движения. Все остальное: карты, маршруты движения – уже существуют и работают. Внедрение предлагаемой TCS-системы будет происходить путем создания виртуальных светофоров, дублирующих реальные в синхронном режиме, а затем постепенное устранение всех физических устройств и знаков земной инфраструктуры дорожного движения по мере приобретения водителями новой технологической культуры эволюционным путем. Более того, все крупные города уже имеют фактически централизованное компьютерное (облачное) управление светофорами. Поэтому перенос светофоров и дорожных знаков в облако не будет связан с существенными дополнительными затратами, а скорее наоборот большие эксплуатационные расходы на поддержание светофорной и знаковой инфраструктуры городов в работоспособном состоянии трансформируются в ноль.

Мобильный гаджет транспортного средства G является главным управляющим воздействием для TCS-облака, равно как и оно является основным потребителем светофорных сигналов L управления движением автомобиля, выводимых на лобовое стекло, $L = \{L_i, L_t, L_h, L_x\} = F(L, G, V, T, D, \vec{P})$ где V – сигналы спецуправления, T – программируемый цикл автономного управления светофором, D – накопленные интеллектуальные статистические данные по светофору (проспекту, району) в том числе учитывающие времена года и суток, $\vec{P}$ – поступающие заказы на маршруты движения транспорта. Создание виртуальной системы светофоров дает возможность практически без финансовых, временных, материальных и энергетических затрат размещать

путем программирования новые светофоры в виртуальном пространстве, равно как и удалять их из облака в процессе модернизации инфраструктуры. Визуализация на лобовом стекле (мобильном мониторе) сигналов светофора и голосовое дублирование повысит качество и безопасность дорожного движения, снизит аварийную обстановку как для водителя, так и для инфраструктуры городов в целом. Облачный светофор, как цифровой сигнал, в отличие от аналогового восприятия водителем реального светофора, является более надежным средством управления транспортом в том числе и для последующего внедрения в дорожное движение автопилота, воспринимающего только детерминированные сигналы управления.

Участники дорожного движения идентифицируются в облаке гаджетом или iPhone, который паруется при посадке в автомобиль. Статус участника повышается при прохождении светофоров, если маршрут движения заказывается заранее. Другие участники дорожного движения (пешеходы, мотоциклисты и велосипедисты) также имеют право заказывать маршрут, повышая свой статус для использования светофоров. Пешеходы имеют возможность получить сервис для заказа комбинированного маршрута, включающего все виды наземного и подземного транспорта (автобусы, метро).

Для автомобиля система управления формирует функционал, оптимизирующий критерий качества обслуживания, который зависит от следующих переменных (время, длина и качество маршрута): $Q = \min f(T, \vec{P}, K)$.

Для светофора система управления формирует функционал, минимизирующий суммарное время простоя автомобилей в течение суток (Z – цикл переключения светофора): $Q = \min \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \left[\frac{T_i(\vec{P}_i, V_i, L_i, J_i)}{Z(\vec{P}_i, V_i, J_i)} \right]^{-1}$, где в числителе и знаменателе представлены функциональные зависимости времени простоя и цикла от указанных в скобках параметров. Фактически суммируются части светофорных циклов, необходимые для проезда каждому автомобилю через перекресток. Если в результате получится оценка качества, близкая к единице Q=1, то перекресток функционирует нормально. В противном случае необходимо модифицировать цикл переключения или реконструировать перекресток. Для инфраструктуры города или района система управления формирует функционал, оптимизирующий критерий качества обслуживания автомобилей за промежуток времени (час, сутки), зависящий от суммарного времени проезда автомобилей по заданным маршрутам и рекомендуемой скорости, времени простоя автомобилей на светофорах и в пробках, отнесенных к идеально пройденным маршрутам при разрешенной скорости движения без задержек на светофорах и в пробках: $Q = \min \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \left[\frac{T_i(\vec{P}_i, V_i, L_i, J_i)}{T_i(\vec{P}_i, V_i)} \right]^{-1}$.

Для проспекта города система управления формирует функционал, оптимизирующий критерий суммарного времени проезда автомобилей от

начала и до конца улицы за промежуток времени (час, сутки): $Q = \min \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \left[\frac{T_i(V_i, L_i, J_i)}{T_i(V_i)} \right]^{-1}$.

4. Задачи, подлежащие решению для реализации TCS-облака

1) Внедрение технологии радиочастотного цифрового позиционирования транспортного средства (гаджета) с точностью до 2 – 0,2 метров.
2) Создание новой системы мнемонических и сопровождающих звуковых сигналов на мониторе, составляющих облачные правила дорожного движения.
3) Разработка операционного и управляющего автоматов, которые объединяют все компоненты TCS в единую облачную систему, имеющую входом и выходом гаджет G(k) (компьютер автомобиля), как единственный интерфейс связи с облаком, позиционируемый в реальном масштабе времени точными координатами k на карте M инфраструктуры со светофорами L для управления передвижением участника дорожного движения.
4) Проектирование масштабируемой системы TCS для светофора, проспекта, района, города, страны, планеты.
5) Разработка сервисов (программных приложений) на стороне клиента (автомобиль, пешеход, велосипедист, мотоциклист) для заказа опций квазиоптимального управления исполнением маршрутов передвижения, включая систему видео- и аудио-сигналов, привязанных к инфраструктуре и доставляемых из TCS в реальном масштабе времени.
6) Проектирование сервисов на стороне облака (сервера) для решения задач оптимизации при прокладке маршрутов, управлении светофором, модификации облачной и реальной инфраструктуры, а также сервисов оперативного управления облачными светофорами на основе мониторинга дорожного движения.
7) Разработка кубитных структур данных и «квантовых» матричных процессоров (вычислителей) на основе технологий Big Data для одновременного и параллельного сервисного обслуживания пользователей TCS-облака в реальном масштабе времени, число которых в пределе должно быть равным количеству жителей планеты.
8) Создание интеллектуальных моделей, методов синтеза и анализа виртуальной инфраструктуры для оценивания качества дорожного движения, моделирования и визуализации трафика, предложения оптимального маршрута с учетом технических, климатических, социальных факторов, качества дорог, количества светофоров, левых поворотов в целях создания новых и реконструкции существующих инфраструктур дорожного движения.
9) Разработка облачных сервисов для автотранспортных предприятий в целях повышения качества обслуживания пассажиров, перевозки грузов, оптимизации временных и материальных затрат.
10) Создание облачных сервисов для водителя в целях повышения качества проезда по заданному маршруту и оптимизации временных и материальных затрат.

11) Сбор статистической информации (интеллектуализация глобальной, корпоративной и персональной инфраструктуры) путем накопления истории трафика, изменения его параметров во времени и в пространстве для прокладывания квазиоптимальных маршрутов будущих поездок.
12) Создание средств защиты информации и санкционированного доступа к персональным и корпоративным данным в облаке. Каждый пользователь видит на карте только свой автомобиль в облаке и обезличенные транспортные потоки. Все идентификаторы транспорта могут быть доступны по решению суда или постановлению следственных органов только специальным государственным службам.
13) Создание спецификации TCS-облака как start-up проекта для его последующего предложения или продажи компаниям Apple и Google.
14) Поиск валидных партнеров и состоятельных инвесторов в развитых странах (Россия, США, Германия, Эстония, Иран, Саудовская Аравия, Польша, Франция, Швеция, Норвегия) для реализации совместного проекта Smart Cloud Traffic Control путем получения грантов в рамках европейских и национальных программ на исполнение масштабируемого прототипа системы в пределах города, страны.
15) Патентование в Украине, США и других странах виртуальных: технологии и инфраструктуры управления дорожным движением на основе использования в реальном времени облачных светофоров, отображаемых на дисплеях гаджетов, одновременно используемых в качестве сенсоров и активаторов.

Детализованная структура кибер-физической системы управления и мониторинга представлена на рис. 4, где основными блоками являются: гаджет автомобиля, который одновременно является сенсором и активатором TCS, а также облако, которое делится на две части.

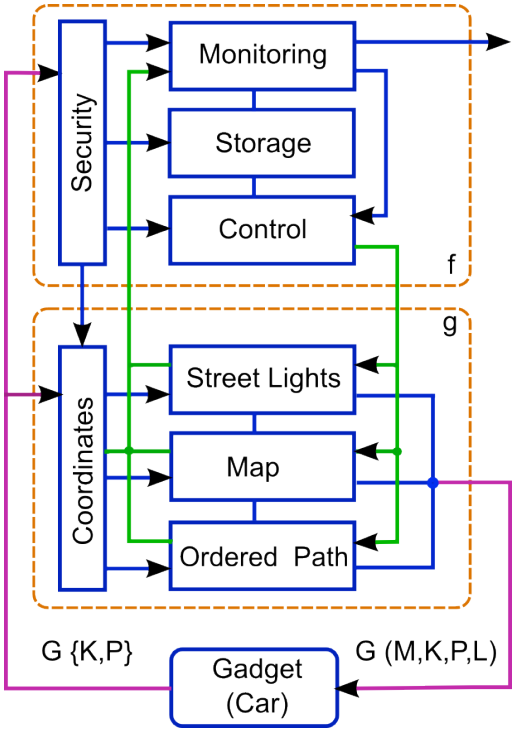


Рис. 4. Структура TCS-системы

Первая из них g содержит существующую во времени инфраструктуру с компонентами [1-3]: карта местности, координаты гаджета – автомобиля, светофоры и дорожные знаки, а также память для хранения заказанных маршрутов и статистики передвижения транспорта. Вторая часть облака f представлена блоками памяти, мониторинга и управления, а также модулем защиты от несанкционированного доступа.

Таким образом, предлагаемая инновационная привлекательность TCS-облака характеризуется наличием взаимосвязанных компонентов: физических – автомобиль с гаджетом и виртуальных – подсистем мониторинга и управления дорожным движением на основе облачных светофоров, что дает возможность: 1) квазиоптимально управлять каждым транспортным средством в режиме реального времени на основе использования существующих каналов связи и мобильных гаджетов, спаренных с автомобильными компьютерами; 2) оптимизировать процессы оптимального по времени, затратам и качеству управления дорожным движением для решения социальных, гуманитарных, экономических, криминальных, страховых и экологических проблем; 3) радикально уменьшить стоимость реальной инфраструктуры дорожного движения и сэкономить: материалы для изготовления дорожных знаков и светофоров, электроэнергию на обеспечение их работоспособности, финансы на установку светофоров и эксплуатационные расходы за счет переноса светофоров в виртуальную инфраструктуру дорожного движения планеты.

Алгоритм работы облачной системы управления содержит следующие шаги: при посадке в автомобиль водитель с помощью гаджета заказывает маршрут передвижения путем обращения к кибер-системе, которая верифицирует валидность пользователя с помощью блока «Security», разрешающего вход в облако, которое определяет координату гаджета или автомобиля в окне карты местности, вычисляет оптимальный путь во времени и пространстве, а также осуществляет сопровождение транспорта в реальном времени путем предоставления сервисов по управлению с помощью облачных светофоров, привязанных к координатам или перекресткам на маршруте движения. При отсутствии заказанного пути пользователь получает только окно карты местности со светофорами на текущем пути передвижения транспортного средства, но при этом сама киберсистема может предложить наиболее вероятный маршрут движения, исходя из статистики поездок, сохраняемой в блоке истории «Storage». Гаджет может быть использован и пешеходом для перехода через перекрестки и проспекты, заказа маршрута передвижения на основе использования существующих транспортных средств: автобус, метрополитен, поезд, самолет.

Режимы работы киберсистемы для пользователя: 1) сопровождение участника дорожного движения путем предоставления инфраструктурной карты, координаты и сигналов светофора; 2) заказ маршрута передвижения, когда к функциональности первого режима добавляется квазиоптимальный путь, минимизирующий время, дистанцию, качество передвижения, включая статистическую светофорную зеленую волну по пути следования; 3) особый заказ маршрута участниками $X = (v, p, s)$, когда по пути следования и впереди

специального транспорта обеспечивается запланированная и гарантированная зеленая волна, предлагающая другим участникам дорожного движения не препятствовать специальным машинам, вплоть до остановки, путем цифровой и голосовой индикации соответствующих сигналов управления на экране гаджетов автомобилей в зоне взаимного инфраструктурного влияния транспорта.

5. Основания для реализации TCS-проекта

1. Рыночная привлекательность. Капитализация бизнес-проекта в пределах Украины после внедрения кибер-облака управления транспортом может составить 1-3 миллиарда долларов, в масштабах планеты – 100-200 миллиардов долларов.
2. Проект первоначально ориентирован на предоставление сервисов для 9 миллионов водителей Украины и 7 тысяч транспортных компаний. Аналогов таких систем в мире пока не существует. Но имеются отдельные компоненты для создания инфраструктуры: электронные карты, спутниковые системы локации и навигации, специализированные базы данных в облаках, средства мониторинга, сбора и защиты информации, автомобильные компьютеры и водительские гаджеты с приемопередатчиками, централизованно управляемые светофоры, сотовая связь, как часть необходимой инфраструктуры для реализации проекта. Финансовая доступность аренды для водителей облачных мобильных сервисов навигации, управления и мониторинга движения транспортных средств в пределах 100 долларов в год. Наличие программных, аппаратных и сетевых систем централизованного управления дорожным движением в масштабах страны. Доступность облачных вычислительных технологий, постоянное их совершенствование и удешевление для создания инфраструктуры дорог в киберпространстве. Возрастание компьютерной, мобильной и интернет грамотности населения. Понимание со стороны государства, граждан и полиции о необходимости создания и использования интеллектуальной инфраструктуры и облачного сервиса для качественного и безопасного дорожного движения.
3. Государственная целевая программа «Безопасность дорожного движения» в рамках стратегического плана Украины «Зажиточное общество, конкурентоспособная экономика, эффективное государство» на период до 2016 года с планируемым бюджетом 5,43 млрд. гривен (25 марта 2012 года).
4. Теоретические разработки интеллектуальных моделей, методов и программно-аппаратных средств анализа киберпространства, связанные с дискретной оптимизацией, поиска, распознавания и принятия решений [1-4].
5. Опыт разработки и применения встроенных и RFID цифровых систем для мониторинга дорожного движения [5-9].
6. Опыт разработки и внедрения программных продуктов и облачных сервисов для оптимизации маршрутов транспортных средств украинских предприятий в целях минимизации материальных и временных затрат и повышения качества обслуживания пассажиров [10-15].

7. Разработки распределенной системы управления дорожным движением в условиях крупных городов и мегаполисов на основе высоконадежной вычислительной техники [11-13].
8. Существующие системы мониторинга дорожного движения в США, Канаде и Японии – OnStar и NEXCO Central. Система OnStar ориентирована на мониторинг отдельных машин, NEXCO Central осуществляет глобальный мониторинг трафика на основных и самых оживленных магистралях страны. OnStar сервисы доступны владельцам автомобилей: Acura, Audi, Isuzu, Subaru, Volkswagen. На данный момент насчитывается около 4 000 000 пользователей данного сервиса. Стоимость одного устройства мониторинга порядка 200$. Используется CDMA канал связи, предоставляемый преимущественно Verizon Wireless в США и Bell Mobility в Канаде. Для определения местоположения используется GPS. Имеется возможность голосовой связи с операторами. Информация с сенсоров, в основном это датчики ударов и срабатывания подушек безопасности, автоматически передается в call-центры. Это позволяет немедленно оповещать о местоположении аварии спасательные и правоохранительные органы. Кроме этого, все машины, оборудованные данной системой, имеют GPS передатчик, который позволяет отследить угнанный автомобиль. Также имеется возможность получения информации о скорости, расходе топлива, направлении движения и стиле вождения автомобиля. Данная информация используется страховыми компаниями для расчета стоимости индивидуальных страховых полисов. Новые модели автомобилей оборудуются системой удаленной остановки двигателя. Автомобиль можно завести только после ввода специального секретного кода. Стоимость сервисов – Safe & Sound – 18.95$ в месяц. Тариф включает автоматическое оповещение об аварии, мониторинг угнанного автомобиля, аварийные сервисы. Directions & Connections – 28.90$ в месяц. Дополнительно имеется возможность мониторинга направления движения и стиля вождения автомобилиста. Система NEXCO Central разработана Japan Highway Public Corporation. Принцип работы заключается в глобальном мониторинге дорожного движения на главных автострадах страны. Система покрывает порядка 2000 км дорог. Дата-центр обрабатывает данные, получаемые от датчиков с минутным интервалом с помощью глобальной IP сети. На дорогах установлено 744 точки снятия и передачи информации по телефонным каналам о дорожной ситуации.
9. Глобальные инфраструктурные проекты несколько веков подряд объединяют страны. Трансконтинентальные железные дороги и автомагистрали, подводные тоннели и гигантские мосты, космические и авиационные проекты служат сильнейшим катализатором для развития экономик многих государств. Развитие сети Интернет, мобильных и облачных технологий сделали возможным безграничное масштабирование вычислительных мощностей и объемов хранимых данных. Следующий слой киберпространства – Internet of Things, что предполагает общение вещей между собой без вмешательства человека, автоматизированный сбор, обработку и анализ big data, генерируемых умными сенсорами. Становится

возможным построение высокоточных детерминированных моделей поведения окружающей среды и жизнедеятельности городов, становящихся умными, что позволит значительно повысить уровень жизни, комфорта и безопасности человека за счет постоянного мониторинга показаний интеллектуальных датчиков в реальном времени.

10. Развитие и внедрение концепции Internet of Things требует решения сложных инженерных и научных проблем в области компьютерной инженерии (http://eai.eu/, http://iot.ieee.org/), которыми занимаются мировые научно-исследовательские сообщества (IEEE, EAI) и компании (Intel, IBM, Apple, Google, Samsung, Dell, AT&T, CISCO, THALES, WorldSensing, Aguila technologies, Connit, SigFox, Guglielmo, DQuid, BitCarrier). Идея Internet of things основана на использовании беспроводных гетерогенных сетей, работающих в различных частотных диапазонах по стандартам – ZigBEE, WiFi, LTE (3G, 4G, 5G), Bluetooth, которые обеспечивают дальность действия, скорость передачи данных и низкое энергопотребление. Основная функциональность инфраструктуры Internet of things – сбор и анализ данных использует структуры: big data, open data, cloud computing. Первые ориентированы на анализ больших объемов неструктурированных данных. Вторые – это концепция форматирования информации для использования компьютерами без вмешательства человека. Здесь данные открыты и не лимитированы авторским правом путем свободного лицензирования. Облачные вычисления являются безгранично масштабируемой платформой для обработки и хранения big data, поступающих с умных сенсоров в реальном времени. Неотъемлемой частью Internet of Things является межмашинное взаимодействие M2M – набор технологий и подходов, обеспечивающих обмен информацией между механизмами для создания умных городов (http://www.android.com/auto/, https://www.apple.com/ios/carplay/, http://java.dzone.com/articles/car-wars-connectedcars). Здесь фигурируют компании, предоставляющие платформы и готовые аппаратные решения: Connit, Aguila Technologies, WorldSensing. Проект WorldSensing FastPrk – это сервис умной парковки, позволяющий водителю с помощью мобильного устройства быстро находить свободное место, а городским властям эффективнее использовать парковочные пространства. Сенсор парковки работает в частотном диапазоне Sub-GHz с радиусом 500 м.

11. Уже сегодня автомобиль немыслим без сервисов Интернет, заточенных на совмещение приятной поездки, комфортного отдыха и реализации бизнес-операций внутри машины, которая исполняет роль любимого и единого места с полным набором функциональных сервисов делового человека (голосовые: связь, сообщения и почта, банкинг и навигация, а также музыка, игры, видео). Все это стало возможным благодаря подключению автомобиля к сети Интернет путем синхронизации мобильного телефона с монитором (компьютером) транспортного средства, что дает возможность аутентифицировать водителя в реальном мире и виртуальном киберпространстве. Здесь лидируют компании Apple и Google. В 2014 году они

анонсировали платформы связи, навигации и развлечений, встроенные в автомобиль (Apple iOS CarPlay, Google Android Auto), которые используют микропроцессорную операционную систему Blackberry QNX. Для инсталляции системы необходимо подключить смартфон Android или iOS кабелем USB к компьютеру автомобиля. Появление на рынке автомобильных ОС позволяет сделать вывод, что через 3-4 года все машины будут подключены к глобальным сервисам сети Интернет, направленным на повышение качества жизни человека в процессе дорожного движения. Такая договоренность есть между 31 ведущими автомобильными компаниями мира. Практически все, что было задекларировано в проекте iCTC [1-3], три года тому назад, постепенно реализуется в сервисах Aplle CarPlay, кроме одного – виртуального уличного светофора на лобовом стекле–мониторе автомобиля. Светофоров нет на море и в воздухе, не будет их и на земле через 5-10 лет!

12. Рыночная и научно-техническая привлекательность проекта Smart Cloud Traffic Control подтверждается также обновленной структурой всемирного общества инженеров IEEE, которое включает 38 сообществ, 9 комитетов и 7 советов, в том числе, интересные для рассматриваемого проекта: IEEE Geoscience and Remote Sensing Society, IEEE Intelligent Transportation Systems Society, IEEE Professional Communication Society, IEEE Systems, Man, and Cybernetics Society, IEEE Vehicular Technology Society, IEEE Cloud Computing Community, IEEE Electric Vehicles Community, IEEE Biometrics Council, IEEE Sensors Council.

6. Преимущества облачных сервисов киберсистемы

1) Для планеты – сохранение экологии за счет уменьшения загрязнения окружающей среды, повышение продолжительности и качества жизни человека, экономия топливно-энергетических ресурсов путем сокращения времени движения благодаря выбору оптимального маршрута, уменьшения количества и сложности пробок за счет внедрения в инфраструктуру интеллектуальных светофоров.

2) Для государственных структур – милиция, дорожная инспекция – точная идентификация автомобилей, точный цифровой мониторинг позиционирования транспортных средств во времени и пространстве, включая угоны, коллизии, несанкционированные маршруты. Дистанционное управление через облако экстренным выключением двигателя автомобиля, если транспорт создает реальную опасность для других участников дорожного движения. Существенное снижение аварийности за счет просчета уровня безопасности маневров, уменьшение последствий дорожно-транспортных происшествий, повышение безопасности и комфорта участников дорожного движения. Дистанционное ручное управление сигналами светофора благодаря цифровому мониторингу дорожной ситуации на перекрестке.

3) Для транспортных компаний – мониторинг позиционирования и передвижения транспортных средств, квазиоптимальное выполнение заказов по перевозке пассажиров и грузов с точки зрения минимизации материальных и/или временных затрат.

4) Для водителя – предоставление сервисов, связанных с прокладыванием квазиоптимальных маршрутов и графика движения с учетом негативных факторов существующей инфраструктуры в целях минимизации материальных и временных затрат в режиме реального времени; Снижение аварийности за счет цифрового мониторинга закрытых для визуального просмотра участков дороги и просчета уровня безопасности маневров.
5) Для пассажира – предоставление сервисов по мониторингу позиционирования и движения пассажирских транспортных средств на остановочных или транспортных терминалах посредством использования стационарных мониторов или мобильных гаджетов для связи с соответствующими облачными сервисами. Визуализация на экране в автомобиле критических точек маршрута движения транспортного средства в реальном масштабе времени путем использования камер видеонаблюдения. Заказ гибридного маршрута движения до пункта назначения путем использования различных транспортных средств.
6) Для страховой компании – автоматическая и точная цифровая регистрация во времени и в пространстве: всех нарушений правил дорожного движения водителем, которые влекут снятие со счета денежного эквивалента штрафов и формируют историю; всех дорожно-транспортных происшествий, фиксируемых в облачных ячейках соответствующих автомобилей, что дает возможность исключить участие полиции в процедурах осмотра ДТП при отсутствии жертв.

7. Технические и функциональные возможности TCS

1) Мониторинг (24/7) реальной скорости движения всех транспортных средств и информирование о зонах скоростного режима. Цифровой мониторинг проезда на запрещающие знаки и сигналы светофоров.
2) Экономия топлива, уменьшение загрязнения окружающей среды, сокращение времени движения, благодаря выбору оптимального маршрута, предоставленного облаком.
3) Уменьшение количества и сложности пробок за счет планирования движения транспортных средств, учитывающего будущие маршруты участников. Корректировка маршрута движения транспортного средства в реальном времени при изменении дорожной ситуации.
4) Интеллектуальное управление циклами переключения светофоров в зависимости от дорожной обстановки на перекрестках.
5) Генерирование аналитических, статистических отчетов и рекомендаций по улучшению инфраструктуры дорог, расстановки виртуальных знаков, светофоров и централизованное программирование циклов их переключения.
6) Противодействие угону транспортного средства и самовольного уезда с места ДТП, благодаря мониторингу местоположения каждого автомобиля. Облачная цифровая регистрация для страховых компаний всех необходимых деталей и динамики ДТП, не связанных с травмами, без участия дорожной полиции.

7) Информирование с помощью виртуальной тревожной кнопки специальных служб о происшествиях, случившихся на дорогах или с автомобилем.
8) Предупреждение водителя о потенциальной опасности на заказанном маршруте, полученной от облака в процессе движения.

8. Проблемы, решаемые с помощью цифровой идентификации

Уже сегодня существует достаточно много актуальных и практически ориентированных задач, которые можно решить с помощью радиоцифровых паспортов:

1. Идентификация изделия (объекта или субъекта) в локальной или глобальной системе координат.
2. Сохранение параметров, характеризующих основные свойства объекта.
3. Накопление и сохранение истории жизненного цикла объекта.
4. Передача информации об объекте или явлении по санкционированному требованию в облако управления.
5. Прием санкционированной информации, дающей возможность модифицировать отдельные свойства электронного паспорта объекта.
6. Санкционированное взаимодействие с электронными паспортами (гаджетами) других объектов, находящихся в поле радиовидимости объекта.
7. Передача информации о взаимодействии объекта с другими идентификаторами в пределах радиовидимости.

Таким образом, электронный цифровой идентификатор объекта является автономной цифровой системой на кристалле с приемо-передатчиком, который способен хранить информацию об идентифицируемом объекте, модифицировать ее по команде центра управления, а также хранить информацию о взаимодействиях с окружающей средой и другими цифровыми идентификаторами с возможностью передачи данных в облако управления. Другие варианты ID коммуникаций связаны с использованием: 1) сети мобильной телефонии; 2) спутниковых систем для приема и передачи информации.

9. Аргументы против внедрения облака в масштабах страны

1. «Нарушение права на неприкосновенность частной жизни, поскольку теоретически TCS облако осуществляет тотальный мониторинг всех транспортных средств». На самом деле сегодня существует система законного перехвата телекоммуникаций, реализованная в соответствии с международными требованиями. Перехват телефонных переговоров абонента используется только в ходе следствия и с санкции суда. Имеется возможность отслеживать место нахождения абонента специальными службами. Данный факт для законопослушных граждан никакой проблемы не создает, если службы укомплектованы честными чиновниками.
2. «Дополнительные затраты на приобретение аппаратно-программных мобильных гаджетов идентификации и арендная плата, порядка 100 долларов в год, за использование сервисов TCS-системы». Уже сегодня практически все жители планеты имеют такие устройства, а экономические преимущества

облака, связанные с экономией топлива и уменьшением времени поездки вполне достойно компенсируют затраты на приобретение сервисов.
3. «Ненадежность виртуальных светофоров, связанная с падением облачного сервиса». Однако, реальные светофоры более уязвимы и менее надежны, чем виртуальные, по причинам отключения электроэнергии, физических нарушений из-за аварий, отказов компонентов светофоров. Виртуальные светофоры уничтожить практически невозможно.

10. Практические примеры внедрения компонентов TCS-системы

1. Программное приложение управления корпоративными перевозками [1-3] используется для оптимального планирования рейсов по доставке грузов, приводящего к уменьшению временных и материальных затрат за счет: 1) снижения расходов на горюче-смазочные материалы; 2) оптимального распределения заказов между автомобилями; 3) прогнозирования поставок товаров для уменьшения складских издержек; 4) экономии рабочего времени персонала или сокращения штатных сотрудников; 5) уменьшения числа автомобилей для выполнения заданного объема перевозок; 6) мониторинга и оперативного управления автомобилями при доставке грузов в реальном времени. Рыночная привлекательность облачного сервиса транспортной логистики: оптовые компании, региональные дистрибьюторы продовольственных и промышленных товаров (хлебозаводы, молокозаводы, мясокомбинаты, пиво-безалкогольные комбинаты, промышленные предприятия, автотранспортные предприятия, торговые сети, логистические операторы, транспортно-экспедиторские компании, вендинговые компании, скорая помощь, инкассаторские службы, курьерские службы, интернет-магазины, клининговые компании).
2. Телеметрический модуль "SHERLOCK" [1-2] предназначен для построения распределенных систем мониторинга и управления объектами, включая мобильные. Представляет собой электронное изделие, построенное на основе использования трех новейших технологий Mobile-to-Mobile, GPS и GPRS. Задачи, решаемые с помощью модуля: 1) Автоматическое определение местоположения транспортных средств. 2) Управление автомобилями транспортного парка, логистика. 3) Автоматизация служб такси. 4) Мониторинг маршрута и расписания движения транспорта. 5) Мониторинг режимов эксплуатации транспортных средств. Технические характеристики: GPS – многоканальный приемник с высокой чувствительностью и малым энергопотреблением, специально предназначен для работы в условиях городской застройки и наличия отраженных сигналов. Доступ к онлайн сервису мониторинга осуществляется круглосуточно со странички http://gps.rfid.com.ua. Для получения доступа к сервису пользователь должен авторизоваться при помощи логина и пароля. На главной странице сервиса большую часть площади экрана занимает окно с картой, на которую накладываются данные о местоположении мобильных объектов. Для визуализации используется картографическая информация компании ВИЗИКОМ. При визуализации на карте пиктограммами отображается

состояние объектов и маршрут движения за выбранный интервал времени, а также продолжительные стоянки. Размер и положение карты можно изменять при помощи мыши и элементов управления. В нижней части главной страницы располагаются элементы управления, позволяющие быстро переключаться между частями маршрута и между объектами, а также статистическая информация. При выборе отображения только одного объекта доступна функция расчета расстояния. Комплект поставки телеметрического модуля: антенна GPS;. антенна GSM; кабель соединительный; инструкция по эксплуатации; SIM-карта.

11. Технологии высокоточной ГНСС–навигации транспортных средств

Навигация – определение местоположения движущегося объекта в заданной системе координат, а также вектора скорости и угловой ориентации с точной привязкой времени к навигационным параметрам. Поскольку функции киберсистемы – не только мониторинг транспортных средств, но и управление их движением, то требования к точности и надежности навигационных операций должны удовлетворять самым современным и перспективным требованиям государственных радионавигационных планов, предъявляемым к критическим объектам управления в типовых и в сложных дорожных условиях. При этом для управления используются сигналы глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) – GPS (США), ГЛОНАСС (РФ), BeiDou/Compass (Китай), Galileo (ЕС), также их региональных функциональных дополнений (РФД) – WAAS (США), EGNOS (ЕС), MSAS (Япония), QZSS (Япония), GAGAN (Индия) [16]. Как показывает анализ [17-20], основные векторы развития навигационного рынка в мире определяются применением спутниковых навигационных технологий на транспорте, в первую очередь автомобильном. Хорошим примером использования спутниковых технологий служит проект экстренного реагирования при авариях на дорогах «ЭРА-ГЛОНАСС» (РФ). Перспективы навигационных спутниковых технологий – в высокоточной навигации транспорта, которые станут массово и материально доступными через 5 лет, благодаря дифференциальным технологиям RTK (Real Time Kinematic), PPP-RTK [21-24] определения траектории движения объекта с сантиметровой (миллиметровой) точностью. Метод, использующий широкозонные коррекции региональных функциональных дополнений [25, 26] – WAAS (США), EGNOS (ЕС), MSAS (Япония), QZSS (Япония), GAGAN (Индия) формирует WADGNSS–системы (Wide Area Differential Systems). Здесь выполняется трансляция со спутников дифференциальных поправок, что позволяет повысить точность определения плановых координат до 1,0 м. Традиционный дифференциальный метод коррекции погрешностей ГНСС–измерений путем использования дифференциальных коррекций от отдельных ГНСС–станций позволяет увеличить точность определения плановых координат до уровня 0,5-0,8 метров с меньшей надежностью навигационных определений по сравнению с методом широкозонной навигации.

Бортовое навигационное оборудование транспортного средства: радионавигационный приемник и радиомодем должно обеспечивать: 1) определение координат объекта с точностью 0,5÷1,0 м в плане и 1,0÷2,0 м по высоте; 2) определение составляющих вектора скорости с точностью 0,05÷0,10 м/с; 3) определение параметров угловой ориентации объекта с точностью 0,15÷0,30 угл. град. по курсу, или 0,5÷1,0 угл. град. по тангажу и/или крену; 4) определение ухода бортовой шкалы времени с точностью 50÷100 нс. При управлении подвижными объектами бортовое навигационное оборудование должно обеспечивать определение координат динамических объектов с точностью 0,05 м (в плане) и 0,1 м (по высоте). Указанные выше значения точностных характеристик (уровни допустимых погрешностей) навигационных определений соответствуют 95%-му вероятностному доверительному интервалу. Требования к надежности навигационных определений: 1) доступность или эксплуатационная готовность (Availability) – с вероятностью 0,999; 2) целостность (Integrity) включает «уровень тревоги» (Alert Limit) – 2 м и интервал времени до сообщения о выходе характеристик за допустимые пределы (Time to Alarm) – 5 секунд; 3) непрерывность обслуживания (Continuity) – с вероятностью 0,999 /час. Для реализации перечисленных задач с указанными требованиями в рамках настоящего проекта предлагается создать прототип бортовой высокоточной навигационной интегрированной (ГНСС+INS) системы с использованием сетевых RTK/WADGNSS/DGNSS технологий [21-26]. В случае необходимости получения данных о параметрах угловой ориентации объектов возможно использовать ГНСС–технологию определения угловых параметров совместно с инерциальной подсистемой [27-29], например, одного из мировых лидеров – компании NovAtel. Реализация технологии RTK требует использования телекоммуникационных средств (мобильный Интернет, GSM/GPRS) для получения дифференциальных коррекций от сети референцных станций. Такая сеть уже существует и на Украине и обеспечивает практически полное покрытие ее территории. Навигационная технология WADGNSS использует прием поправок потребителем как от геостационарных спутников-ретрансляторов коррекций на частоте L1 GPS, так и по сети Интернет в условиях городских застроек и высотных зданий при маскировании сигналов от спутников-ретрансляторов коррекций. В случае невозможности получить RTK-коррекции, например, при перерывах связи с сетью референцных ГНСС–станций или при выезде объекта из зоны действия ближайшей ГНСС RTK–сети, приемник потребителя переходит в режим работы WADGNSS, получая сигналы коррекции непосредственно от геостационарных спутников на приемную ГНСС–антенну. Принимаются одновременно и сигналы ГНСС и корректирующие сигналы от спутников-ретрансляторов. При этом точность навигационных определений уменьшается с нескольких сантиметров до 1 метра по плановым координатам.

Интегрирование ГНСС+INS позволяет исключить потери навигационной информации там, где отсутствует слежение за сигналами навигационных спутников: под мостами, в туннелях, в условиях городских «каньонов» и

«помочь» ГНСС–приемнику осуществить мгновенное восстановление слежения за навигационными сигналами ГНСС. Датчик ГНСС, в свою очередь, обеспечивает получение начальных условий (текущие координаты и составляющие вектора скорости объекта) для работы инерциальной подсистемы. Кроме того, интегрирование ГНСС+INS в случае поддержки RTK–определений позволяет обеспечить требуемые характеристики (Availability, Integrity, Continuity) надежности навигационных определений. На современном этапе отдельно RTK–технология не обеспечивает необходимой надежности навигационных определений для задач кибер управления. Инерциальные устройства INS могут включать в себя системы датчиков-акселерометров и датчиков-гироскопов в различных конфигурациях для определения местоположения и параметров угловой ориентации. В последние годы для транспортных приложений используются недорогие инерциальные микромеханические датчики MEMS [28, 29], которые интегрируются с ГНСС OEM–модулями.

Таким образом, наилучшим вариантом построения бортовой подсистемы навигационных определений для мониторинга и управления транспортом является: 1) интегрирование ГНСС+INS на основе технологий MEMS (координатные и, при необходимости, угловые определения); 2) мульти-системность – одновременный прием сигналов всех четырех ГНСС + корректирующих сигналов РФД (WADGNSS); 3) RTK/WADGNSS/DGNSS технологии точного позиционирования/навигации; 4) выполнимость угловых определений по сигналам ГНСС с интегрированием с INS [27]. Оборудование, реализующее перечисленные функции с заданным качеством, существует, его цена составляет $15-20 тысяч. Через 5 лет можно ожидать снижения цены до уровня ~$1,0 тысячи при массовом выпуске аппаратуры. Разработку прототипа бортовой аппаратуры управления автомобилем и проведение экспериментальных исследований в рамках проекта могут выполнить сотрудники НИЛ «Спутниковые сетевые технологии высокоточного позиционирования» ХНУРЭ [30], имеющие 12-летний опыт по разработке спутниковых технологий точного позиционирования и навигации: FP7 «EEGS - EGNOS Extension to Eastern Europe» [31] – грант № 247698; «EEGS2 – EGNOS Extension to Eastern Europe Applications» [32] – грант № 287179.

12. Научная новизна, рыночная привлекательность и социальная значимость

Трудно предсказать и перечислить все позитивные социальные, технологические и технические последствия радикального преобразования существующего мира после внедрения цифровых сервисов интеллектуального облака дорожного движения. Через 5 лет следует ожидать массового появления беспилотного транспорта при исполнении маршрутов. Для ближайшего будущего ниже представлены отдельные и очевидные доказательные инновационные научно-технические решения социальных, гуманитарных, экономических и экологических проблем, связанные с появлением облачного мониторинга и управления дорожным движением.

Научная новизна проекта «Киберсистема – Облачное Управление Транспортом» (Traffic Cyber Physical Systems – Smart Cloud Traffic Control) характеризуется введением в цифровую карту планеты параметра времени и переносом светофоров в виртуальное киберпространство, что завершает создание виртуальной инфраструктуры дорожного движения для повышения качества жизни водителей, уменьшения времени нахождения в пути и затрат на топливо, экономии тысяч тонн металла для изготовления светофоров и дорожных знаков, миллионов киловатт-часов электроэнергии на поддержание работоспособности, миллионов долларов на установку светофоров и эксплуатационные расходы, а также уменьшение времени установки и актуализации светофоров и дорожных знаков в виртуальной инфраструктуре городов до нескольких минут, что в совокупности дает возможность автоматизировать процессы квазиоптимального управления транспортом и дорожным движением в режиме реального времени и решать социальные, гуманитарные, экономические и экологические проблемы.

Практическая значимость определяется получением новых услуг участникам дорожного движения, дорожной полиции, специальным службам и организациям:

1. Сервис специального управления виртуальными дорожными светофорами в режиме on-line для автоматического обеспечения беспрепятственного движения по заданному маршруту специализированных машин или кортежей (перевозка детей, важные государственные чиновники, скорая помощь, пожарная служба, военные колонны, опасные грузы).
2. Сервис оптимального управления виртуальными светофорами в режиме on-line на дорогах и перекрестках с помощью точного цифрового мониторинга дорожного движения путем использования гаджета водителя или компьютера автомобиля, дающий возможность минимизировать время прохождения маршрута всеми участниками дорожного движения.
3. Сервис планирования оптимального маршрута, учитывающий компоненты (время суток, года, дорожное покрытие, левые повороты, погодные условия, пробки, ремонтные работы) для достижения одного или нескольких пунктов назначения автомобилем во времени и в пространстве, дающий возможность уменьшить временные и материальные затраты при заданном качестве комфорта передвижения транспортного средства.
4. Сервис интеллектуальной истории передвижения автомобиля, имеющего виртуальную модель в киберпространстве – индивидуальную ячейку в облаке, инвариантную по отношению к водителям, обслуживающим транспортное средство, что дает возможность отследить любые передвижения транспортного средства в прошлом, а также прогнозировать желаемые маршруты и поездки в будущем уже без участия водителя.
5. Сервис интеллектуального управления виртуальным светофором, когда сигналы переключения формируются в зависимости от наличия или количества транспортных средств, посылающих запросы от автомобильных гаджетов.

6. Сервис облачного мониторинга (мобильных) цифровых автометрических паспортов транспортных средств в режиме on-line позволит убрать автомобильные номера из системы учета, и как следствие:
1) В некритических ситуациях исключить непосредственное участие дорожной полиции в фиксации нарушений правил дорожного движения (превышение скорости, проезд на запрещающие сигналы светофоров, нарушение правил маневрирования, легкие столкновения);
2) Сэкономить тысячи тонн металла на изготовление металлических номеров и упростить регистрацию автомобилей при покупке с нескольких дней до нескольких минут;
3) Автоматизировать оформление ДТП без участия сотрудников дорожной полиции путем цифрового мониторинга цифровой карты происшествия, скопированного с облака;
4) Существенно сократить численный состав дорожной полиции, поскольку история перемещений автомобиля и его дорожных нарушений становится абсолютно прозрачной для облака, что позволит автоматически списывать со счетов водителя стоимость нарушений в соответствии с законодательством конкретной страны;
5) Полностью исключить коррупцию в отношениях водителя с дорожной полицией, благодаря невозможности стереть информацию о нарушениях в облаке;
6) Практически ликвидировать криминалитет в области угона автомобилей, благодаря встроенному в машину цифрового автометрического паспорта, что обеспечивает круглосуточную наблюдаемость транспорта в режиме on-line, если автомобиль физически не уничтожен;
7) Упростить легализацию водителя путем идентификации водительской лицензии (driver’s license) в списке разрешенных лиц цифрового паспорта облачной ячейки автомобиля по протоколу «blue tooth», что позволяет устранить изготовление бумаг и доверенностей на вождение автомобиля другими лицами и исключить посреднические услуги нотариуса;
8) Уменьшить количество ДТП, существенно повысить качество жизни водителей и пассажиров, благодаря тотальному мониторингу нарушений и неотвратимости наказаний за каждое из них;
9) Уменьшить автомобильные выбросы углекислого газа за счет снижения времени простоев на перекрестках и выбора оптимальных режимов и маршрутов передвижения транспорта;
10) Обеспечить высокую рыночную привлекательность облака за счет продажи сервисов компаниям и частным лицам, что гарантирует получение высокой прибыли – от сотен миллионов до миллиардов долларов, масштабируемой в зависимости от площади покрытия сервисами: города, страны, всего мира.
7. Экономические интересы. При наличии в стране 9 миллионов автомобилей и стоимости годового облачного сервиса, равного 100 долларов, уровень капитализации проекта в процессе эксплуатации может достигнуть 1-3 миллиарда долларов. Затраты на создание масштабируемого прототипа киберсистемы управления транспортом – 12 миллионов долларов, плюс

накладные расходы по технической поддержке и эксплуатации облачной инфраструктуры – 10 миллионов долларов в год для страны.

8. Направления будущих исследований. Реальный мир нуждается в совершенных и точных процессах облачного мониторинга и управления процессов и явлений в реальном времени. Проблема будет решена только с помощью радиоцифровой идентификации всей произведенной продукции и природных объектов на планете, включая человека и животных. Следующие шаги – создание облачных виртуальных цифровых моделей (био- и техно-метрических паспортов) субъектов и объектов реального мира, а также всех возможных отношений (природных, социальных, технических, технологических) между ними для создания сервисов точного цифрового моделирования, мониторинга и управления процессами и явлениями на планете.

9. Создание цифровой инфраструктуры мониторинга и управления дорожным движением с помощью высокоточных управляющих и наблюдающих адресно направленных радиосигналов есть будущее транспорта без водителей, аварий, коллизий на земле, воде и в воздухе. Для этого необходимо технологически обеспечить двух- и трехмерные стандарты точного дифференциального радиоцифрового измерения и идентификации всего планетарного пространства с возможностью мониторинга и управления каждой его ячейки с размером, порядка 0,20 м для 2D и 3D измерений.

13. Список литературы

1. «Зеленая волна» – облако мониторинга и управления дорожным движением / В. И. Хаханов, В. Ш. Меликян, А. Г. Саатчян, Д. В. Шахов // Информационные технологии, электроника, радиотехника. – Ереван, 2013. – Вып. 16 (№ 1). – С. 53–60.
2. Cloud Traffic Control System / V. I. Hahanov, O. A. Guz, A. N. Ziarmand et al. // Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2013), September 27–30, 2013, Rostov-on-Don, Russia. – Rostov-on-Don, 2013. – P. 72–76.
3. Cloud traffic monitoring and control / V. Hahanov, W. Gharibi, Baghdadi Ammar Awni Abbas et al. // Proceedings of the 2013 IEEE 7th International conference on intelligent data acquisition and advanced computing systems (IDAACS), September 12–14, 2013, Berlin, Germany. – Berlin, 2013. – P. 244–248.
4. Бондаренко М. Ф. Структура логического ассоциативного мультипроцесора / М. Ф. Бондаренко, В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова // Автоматика и телемеханика. – 2012. – № 10. – С. 71–92.
5. Research on the Integrated Management of Highway Based on Radio Frequency Identification Technology / Lu Antao, Li Yushan, Sun Yufang et al. // Proceedings of the Third International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation (ICMTMA), January 6–7, 2011, Shanghai, China. – Shanghai, 2011. – Vol. 3. – P. 116–119.
6. Pandit A. A. RFID Tracking System for Vehicles (RTSV) / A. A. Pandit, J. Talreja, A. K. Mundra // Proceedings of the First International Conference on

Computational Intelligence, Communication Systems and Networks CICSYN'09, July 23–25, 2009, Indore, India. – Indore, 2009. – P. 160–165.
7. Improved Design of Vehicle Management System Based on RFID / Jiang Lin-ying, Wang Shuai, Zhang Heng, Tan Han-qing // Proceedings of the International Conference on Intelligent System Design and Engineering Application (ISDEA), Oct. 13–14, 2010, Changsha, Hunan, China. – Changsha, 2010. – Vol. 1. – P. 844–847.
8. Chen Xue-Mei. Vehicle management system based on multi-node RFID cards / Chen Xue-Mei, Wei Zhong-Hua // Proceedings of the 30th Chinese Control Conference (CCC'2011), July 22–24, 2011, Yantai, Shandong Province, China. – Yantai, 2011. – P. 5497–5499.
9. Дудников С. Бесконтактная идентификация транспорта, основанная на RFID [Электронный ресурс] / С. Дудников, И. Боенко // Компоненты и технологии. – 2007. – № 1. – Режим доступа : www. URL: http://www.kit-e.ru/assets/files/pdf/2007_01_140.pdf.
10. Manikonda P. Intelligent traffic management system / P. Manikonda, A. K. Yerrapragada, S. S. Annasamudram // Proceedings of the IEEE Conference on Sustainable Utilization and Development in Engineering and Technology (STUDENT), October 20–21 2011, Semenyih, Malaysia. – Curran Associates, Inc., 2012. – P. 119–122.
11. Samad T. Intelligent Transportation Systems: Roadway Applications / T. Samad // Perspectives in Control Engineering Technologies, Applications, and New Directions / ed. T. Samad. – New York : IEEE Press, 2001. – P. 348–369.
12. Schutte J. Recent trends in automatic train controls / J. Schutte // Proceedings of the IEEE Intelligent Transportation Systems, Aug. 25–29, 2001, Oakland, CA. – IEEE, 2001. – P. 813–819.
13. Zingirian N. Sensor clouds for Intelligent Truck Monitoring / N. Zingirian, C. Valenti // Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV 2012), June 3–7, 2012, Alcala de Henares, Madrid, Spain. – Curran Associates, Inc., 2012. – P. 999–1004.
14. An Intelligent Autonomous Vehicle Management System / L. B. Branisso, E. R. R. Kato, E. C. Pedrino et al. // Proceedings of the Second Brazilian Conference on Critical Embedded Systems (CBSEC 2012), May 20–25, 2012, Sao Paulo, Campinas, Brazil. – Curran Associates, Inc., 2012. – P. 42–47.
15. Brizgalov V. V. Architecture of traffic control systems using cloud computing / V. V. Brizgalov, V. Chukhantsev, E. Fedorkin // Proceedings of 11th International Conference and Seminar on MicrolNanotechnologies and Electron Devices EDM'2010, June 30 – July 4, 2010, Erlagol, Altai, Russia. – Novosibirsk, 2010. – P. 215–216.
16. Frank van Diggelen. Interchangeability Accomplished. Tri-Band Multi-Constellation GNSS in Smartphones and Tablets / Frank van Diggelen, Kathy Tan // GPS World. – 2014. – June. – P. 46–52.
17. Бабаков В. Н. Высокоточная навигация через 5 лет [Электронный ресурс] / В. Н. Бабаков. – Режим доступа : www. URL: http://www.gisa.ru/102286.html.

18. Роффе А. Возможности высокоточной навигации [Электронный ресурс] / А. Роффе. – Режим доступа : www. URL: http://www.gisa.ru/102624.html.
19. Google представил собственный автомобиль с автопилотом [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www. URL: http://www.gisa.ru/103133.html.
20. Google запускает производство самоуправляемых автомобилей [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www. URL: http://top.rbc.ru/economics/28/05/2014/926718.shtmlhttp://top.rbc.ru/economics/28/05/2014/926718.shtml.
21. RTX Positioning: the Next Generation of cm-accurate Real-time GNSS Positioning / Rodrigo Leandro, Herbert Landau, Markus Nitschke et al. // Proceedings of the 24th International Technical Meeting of The Satellite Division of the Institute of Navigation (ION GNSS 2011), September 20–23, 2011, Oregon, Portland, USA. – Portland, 2011. – P. 1460–1475.
22. Multi-Base RTK using Virtual Reference Stations / Ulrich Vollath, Alois Buecherl, Herbert Landau et al. // Proceedings of the 13th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GPS 2000), September 19–22, 2000, Salt Lake City, UT. – Salt Lake City, 2000. – P. 123–131.
23. Leica GNSS Spider. Professional Business Solutions for GNSS Networks [Electronic resource]. – Access mode : www. URL: http://www.leica-geosystems.com/en/Leica-GNSS-Spider_83498.htm.
24. Преимущества использования GNSS сети [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www. URL: http://www.systemnet.com.ua/ru/network/preimushchestva.
25. WAAS and its Relation to Enabled Hand-Held GPS Receivers 26 Feb. 2006 (Revised 19 Mar. 2012) [Electronic resource]. – Access mode : www. URL: http://gpsinformation.net/exe/waas.html.
26. The European Geostationary Navigation Overlay Service (EGNOS) [Electronic resource]. – Access mode : www. URL: http://www.esa.int/Our_Activities/Navigation/The_present_-_EGNOS/What_is_EGNOS.
27. NovAtel. New Releases 2014 [Electronic resource]. – Access mode : www. URL: http://www.novatel.com/about-us/news-releases/news.
28. NovAtel. MEMS Interface Card [Electronic resource]. – Access mode : www. URL: http://www.novatel.com/products/span-gnss-inertial-systems/mems-interface-card/.
29. NovAtel. SPAN GNSS/INS Combined Systems [Electronic resource]. – Access mode : http://www.novatel.com/products/span-gnss-inertial-systems/span-combined-systems/span.
30. Kharkov R&D group of GNSS High Precision Positioning technologies [Electronic resource]. – Access mode : http://www.kharkovgnssgroup.net/.
31. EEGS-project [Electronic resource]. – Access mode : www. URL: http://www.eegs-project.eu/.
32. $EEGS_2$-project [Electronic resource]. – Access mode : www. URL: http://www.eegs2-project.eu.
33. A Distributed Algorithm for Virtual Traffic Lights with IEEE 802.11p / Alessandro Bazzi, Alberto Zanella, Barbara M. Masini, Gianni Pasolini // European

Conference on Networks and Communications, EuCNC 2014, June 23–26, 2014, Bologna, Italy. – IEEE, 2014. – P. 1–5.
34. Ferreira M. On the Impact of Virtual Traffic Lights on Carbon Emissions Mitigation / M Ferreira, PM d'Orey // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. – 2012. – Vol. 13, № 1. – P. 284–295.
35. Conceicao H. Virtual traffic lights in partial deployment scenarios / H. Conceição, M. Ferreira, P. Steenkiste // Proceedings of the 2013 IEEE Intelligent Vehicles Symposium, June 2013, Gold Coast, Australia. – IEEE, 2013. – P. 988–993.
36. Cyber-Physical Systems. Driving force for innovation in mobility, health, energy and production / ed. Ariane Hellinger, Heinrich Seeger ; National Academy of Science and Engineering. – Springer Science & Business Media, 2011. – 48 p.

Кубитные структуры данных вычислительных устройств

Владимир Хаханов

Разработаны кубитные модели и методы повышения быстродействия программных и аппаратных средств анализа цифровых устройств при увеличении размерности структур данных и памяти. Введены основные понятия, термины и определения, необходимые для имплементации квантовых вычислений в практику анализа виртуальных компьютеров. Представлены результаты исследований, в области проектирования и моделирования компьютерных систем в киберпространстве с использованием двухкомпонентного автомата <память, транзакции>.

Рыночная привлекательность эмуляции квантовых методов вычислений при создании виртуальных (облачных) компьютеров (ВК) в киберпространстве основана на использовании кубитных моделей данных, ориентированных на параллельное решение задач дискретной оптимизации при существенном повышении затрат памяти. Не рассматривая физические основы квантовой механики, касающиеся недетерминированного взаимодействия атомных частиц [1—4], используем понятие кубита как двоичного или многозначного вектора для совместного и одновременного задания булеана состояний дискретной области киберпространства на основе линейной суперпозиции унитарных кодов, ориентированных на параллельное использование методов анализа и синтеза компонентов киберпространства. В быстро развивающейся теории квантовых вычислений векторы состояний образуют квантовый регистр из n кубитов, формирующих унитарное или гильбертово пространство H, размерность которого имеет степенную зависимость от числа кубитов Dim H = 2n.

Мотивация нового подхода для проектирования ВК обусловлена появлением облачных сервисов, которые представляют собой специализированные и рассредоточенные в пространстве виртуальные компьютерные системы, реализуемые в аппаратуре или в программном продукте. Программисту уже не всегда интересно, как и куда имплементируются коды программных приложений, как и нет необходимости знать теорию проектирования цифровых автоматов на уровне вентилей, регистровых передач и использовать специфические компоненты вычислительной техники (триггеры, регистры, счетчики, мультиплексоры). Любой компонент функциональности представляется векторной формой таблицы истинности, реализуемой с помощью памяти. Логические функции в традиционном исполнении не рассматриваются. От этого частично уменьшается быстродействие, но, учитывая, что 94% SoC-кристалла составляет память [13], оставшиеся 6% также можно реализовать на памяти, что не будет критичным для большинства программных и аппаратных приложений. Поэтому практически для программирования эффективных виртуальных компьютеров можно использовать теорию, основанную на двух компонентах более высокого уровня абстракции: память и транзакция.

Особенность организации данных в классическом компьютере состоит в том, что каждый бит, байт или другой компонент имеет свой адрес. Поэтому существует проблема в эффективной обработке ассоциации (конечного алфавита символов) равных по значимости элементов, которые не имеют порядка по определению, например, множество всех подмножеств. Решением может быть процессор, где элементарной ячейкой является образ или шаблон универсума из n унитарно кодированных примитивов, использующих суперпозицию для формирования булеана $|B(A)| = 2^n$ всех возможных состояний такой ячейки в виде множества всех подмножеств [5,6].

Прослеживается определенная аналогия по векторным структурам данных булеана с кубитом квантового компьютера. Понятию квантового кубита как элементарной структуры для хранения информации в квантовом компьютере, разрешающей суперпозицию состояний $|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$, в классическом компьютере [1] можно поставить во взаимно однозначное соответствие булеан состояний, формирующий, например, алфавит Кантора $A^k = \{0,1,X,\varnothing\}, X = \{0,1\}$. В нем два первых примитива алфавита унитарно кодируются векторами (упорядоченными двоичными последовательностями): 0 = (10) и 1 = (01). Коды остальных двух символов можно получить как производные с помощью операции суперпозиции или объединения (логическое сложение) $(10)\vee(01)$ = (11), а также операции пересечения (логическое умножение) $(10)\wedge(01)$ = (00), что формирует четыре состояния булеана: {(10),(01),(11),(00)} [7] в виде двоичных векторов или кортежей.

Чтобы обосновать корректность использования прилагательного «кубитная» для моделей цифровых устройств, необходимо сравнить алгебры теории множеств и линейную на примере алгебры Кантора $A^k = \{0,1,X,\varnothing\}$. Первые два символа есть примитивы или первичные элементы, которые не раскладываются на составляющие. Третий символ является производным в теории множеств, определяемый суперпозицией или объединением символов-примитивов: $X = 0 \cup 1$. Естественно, что в гильбертовом пространстве, где линейная алгебра оперирует примитивами $\alpha\cdot|0\rangle$ и $\beta\cdot|1\rangle$ кубита, третий символ также образуется суперпозицией двух составляющих вектора состояния: $|\psi\rangle = \alpha\cdot|0\rangle + \beta\cdot|1\rangle$. Прослеживается полная аналогия, которая будучи продолжена на образование четвертого, недостающего в кубитной (линейной) алгебре символа, соответствующего пустому множеству, должна оперировать функцией, обратной по отношению к суперпозиции. В теории множеств такой операцией является пересечение, которое производит пустое множество на символах-примитивах: $\varnothing = 0 \cap 1$. В гильбертовом пространстве такой операцией является скалярное (внутреннее) произведение или функция (обозначение) Дирака $\langle a|b\rangle$ [16], которая имеет геометрическую интерпретацию в виде: $<a|b> \approx |a| \times |b| \times \cos\angle(a,b)$. Если проекции a и b вектора квантового состояния ортогональны, а это действительно так, то получается ожидаемый результат: $\langle\alpha|\beta\rangle = |a| \times |b| \times \cos\angle(a,b) = |a| \times |b| \times \cos\angle 90^\circ = 0$ Скалярное произведение ортогональных векторов равно нулю. Этот результат

является аналогом символа пустого множества при выполнении операции пересечения в алгебре множеств. Таким образом, таблица соответствия алгебры множеств и линейной алгебры, представленная ниже, подтверждает свойства изоморфизма между символами булеана и состояниями кубит-вектора, полученными с помощью изоморфных в алгебрах операций объединения – суперпозиции и пересечения – скалярного произведения:

$\text{Boolean}\,A^k =$	0	1	$X = 0 \cup 1$	$\varnothing = 0 \cap 1$
$\text{Qubit}\,\lvert\psi\rangle =$	$\lvert 0\rangle$	$\lvert 1\rangle$	$\alpha\lvert 0\rangle + \beta\lvert 1\rangle$	$\alpha\lvert 0\rangle \lvert \beta\lvert 1\rangle$

Следовательно, структуру данных «булеан» можно рассматривать как детерминированный (невероятностный) образ или аналог квантового кубита в алгебре множеств (логики), примитивные элементы которой унитарно кодируются двоичными векторами (кортежами) и обладают свойствами суперпозиции, параллелизма и перепутывания. Это дает возможность использовать предлагаемые модели для повышения быстродействия анализа цифровых устройств на классических вычислителях, а также без существенной модификации – в квантовых компьютерах, которые непременно появятся через 5-10 лет на рынке электронных технологий.

В работах [1—4] рассматривается возможность эмуляции классических вычислительных процессов на квантовых компьютерах. Но учитывая «реверсивность» или обратимость соответствия между упомянутыми алгебрами, далее предлагается обратное преобразование – эмуляция некоторых преимуществ (суперпозиция, параллелизм, неопределенность) квантовых вычислений на классических процессорах с использованием булеана, как основной модели структур данных для интерпретативного описания и моделирования цифровых систем.

На рынке электронных технологий существует конкуренция между базами имплементации идеи [8]:

1) гибкая (мягкая) реализация проекта связана с синтезом интерпретативной модели программной формы функциональности или в аппаратном исполнении программируемых логических устройств на основе FPGA, CPLD; преимущества заключаются в технологичности модификации проекта, недостатки – в невысоком быстродействии функционирования цифровой системы;

2) жесткая реализация ориентирована на использование компилятивных моделей при разработке программных приложений или на имплементацию проекта в кристаллах VLSI [8,13]. Преимущества и недостатки жесткой реализации инверсны по отношению к мягкому исполнению проектов: высокое быстродействие и невозможность модификации.

С учетом изложенных базовых вариантов реализации идеи предлагаются квантовые структуры данных, ориентированные на повышение быстродействия гибких моделей программного или аппаратного исполнения проекта.

Квантовые структуры описания цифровых систем. Кубит (n-кубит) есть векторная форма унитарного (унарного) кодирования универсума из n

примитивов для задания булеана состояний 2^{2^n} с помощью 2^n двоичных переменных. Например, если n=2, то 2-кубит задает 16 состояний с помощью четырех переменных. Если n=1, то кубит задает четыре состояния на универсуме из двух примитивов (10) и (01) с помощью двух двоичных переменных (00,01,10,11) [1,8]. При этом допускается суперпозиция (одновременное существование) в векторе 2^n состояний, обозначенных примитивами. Кубит (n-кубит) дает возможность использовать параллельные логические операции вместо поэлементных теоретико-множественных для существенного ускорения процессов анализа дискретных систем.

Далее кубит отождествляется с n-кубитом или двоичным вектором, если это не мешает пониманию излагаемого материала. Поскольку квантовые вычисления связаны с анализом кубитных структур данных, то далее будем применять определение «квантовый» для идентификации технологий, использующих три свойства квантовой механики: параллелизм обработки (двоичных векторов), суперпозицию состояний и их перепутывание. Синонимом кубита при задании двоичного вектора логической функции является Q-покрытие (Q-вектор) [7] как унифицированная векторная форма суперпозиционного задания выходных состояний, соответствующих адресным кодам входных переменных логического элемента.

Кубит в цифровой системе используется в качестве формы задания структурного примитива, инвариантной к технологиям реализации функциональности (hardware, software). Более того, синтез цифровых систем на основе кубитных структур не привязан жестко к теореме Поста, определяющей пять условий (классов) существования функционально полного базиса [5]. На предлагаемом уровне абстракции n-кубит дает более широкие возможности для векторного задания любой n-входовой функции из булеана мощностью $|B(A)| = 2^{2^n}$, которое непременно содержит все функциональности, удовлетворяющие пяти классам теоремы Поста [5]. Формат структурного кубитного компонента цифровой схемы $Q^* = (X, Q, Y)$ включает интерфейс (входные и выходную переменные), а также кубит-вектор Q, задающий функцию Y = Q(X), размерность которого определяется степенной функцией от числа входных линий $k = 2^n$.

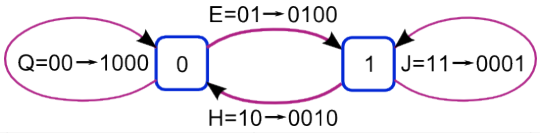
Практически ориентированная новизна кубитного моделирования заключается в замене таблиц истинности компонентов цифрового устройства векторами состояний выходов. Достаточно просто можно продемонстрировать такие преобразования применительно к логическому элементу. Пусть функциональный примитив имеет двоичное покрытие (таблицу истинности)

P =

X_1	X_2	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

,

которое можно трансформировать унитарным кодированием входных векторов на основе использования двухтактного алфавита [8,9], первоначально предназначенного для компактного описания всех возможных переходов автоматных переменных (рис. 1).



$Q = 00 \to 1000$	$E = 01 \to 0100$	$H = 10 \to 0010$	$J = 11 \to 0001$
$O = \{Q,H\} =$ $= \{00,10\} \to 1010$	$I = \{E,J\} =$ $= \{01,11\} \to 0101$	$A = \{Q,E\} =$ $= \{00,01\} \to 1100$	$B = \{H,J\} =$ $= \{01,11\} \to 0101$
$S = \{Q,J\} =$ $= \{00,11\} \to 1001$	$P = \{E,H\} =$ $= \{01,10\} \to 0110$	$C = \{E,H,J\} =$ $= \{01,10,11\} \to 0111$	$F = \{Q,H,J\} =$ $= \{00,10,11\} \to 1011$
$L = \{Q,E,J\} =$ $= \{00,01,11\} \to 1101$	$V = \{Q,E,H\} =$ $= \{00,01,10\} \to 1110$	$Y = \{Q,E,H,J\} =$ $= \{00,01,10,11\} \to 1111$	$\varnothing = 00 \to 0000$

Рис. 1. Двухтактный алфавит автоматных переменных и интерпретация символов

Здесь представлены символы, их двоичные и унитарные коды (например, Q = 00 – 1000), предназначенные для описания двух соседних состояний автоматных переменных. Структурно предложенный алфавит задает булеан (множество всех подмножеств) состояний на универсуме из четырех примитивов Y={Q,E,H,J}. Унитарный код соответствует формату вектора, содержащего два кубита, с помощью которых формируются 16 символов двухтактного алфавита. Используя последний, любое покрытие функционального двухвходового логического примитива можно представить двумя кубами или даже одним, учитывая, что они взаимно инверсны:

$$P = \begin{array}{|c|c|}\hline 00 & 1 \\ 01 & 1 \\ 10 & 1 \\ 11 & 0 \\ \hline\end{array} = \begin{array}{|c|c|}\hline Q & 1 \\ E & 1 \\ H & 1 \\ J & 0 \\ \hline\end{array} = \begin{array}{|c|c|}\hline V & 1 \\ J & 0 \\ \hline\end{array} = \begin{array}{|c|c|}\hline 1110 & 1 \\ 0001 & 0 \\ \hline\end{array} \to \boxed{1\ \ 1\ \ 1\ \ 0}$$

Сначала кодируются все пары символами двухтактного алфавита, затем выполняется объединение первых трех кубов по правилу (минимизации) оператора сограней [5]: векторы отличающиеся в одной координате объединяются в один. Далее полученное покрытие из двух кубов кодируется соответствующими данным символам кубитными векторами. Для моделирования исправного поведения достаточно иметь только один куб (нулевой или единичный), так как второй всегда является дополнением к первому. Следовательно, ориентируясь, например, на единичный куб, формирующий на выходе единицу, можно исключить бит состояния выхода примитива, что уменьшит размерность куба или модели примитива до числа адресуемых состояний элемента, где адрес есть вектор, составленный из двоичных значений входных переменных, по которому определяется состояние выхода примитива. Ввиду тривиальности нет смысла показывать, что по аналогии любую таблицу истинности можно привести к кубитной функциональности в форме вектора выходных состояний логического элемента, имеющего n входов. Кроме того, двухтактный алфавит используется

для компактного описания таблиц переходов конечных автоматов, что существенно уменьшает время анализа таких моделей. Например, полный ориентированный граф из 16-ти переходов на 4-х вершинах {00,01,10,11}, минимизируется в один куб: {QQ=(00-00), QE=(00-01), EE=(00-11), EQ=(00-10), QJ=(01-01), EJ=(01-11), QH=(01-00), EH=(01-10), JJ=(11-11), HJ=(11-01), JH=(11-10), HH=(11-00), JQ=(10-10), HQ=(10-00), JE=(10-11), HE=(10-01)} = YY. Другой пример, описание DC-триггера в двухтактном алфавите можно легко свести всего к трем кубам покрытия, имеющим всего 9 координат в минимальной таблице вместо 48 в исходном покрытии [9]:

C^{t-1}	C^t	D^{t-1}	D^t	Q^{t-1}	Q^t
1	0	1	1	X	1
0	0	X	X	1	1
0	1	X	X	1	1
1	1	X	X	1	1
1	0	0	0	X	0
0	0	X	X	0	0
0	1	X	X	0	0
1	1	X	X	0	0

=

C	D	Q
H	J	I
Q	Y	J
E	Y	J
J	Y	J
H	Q	O
Q	Y	Q
E	Y	Q
J	Y	Q

=

C	D	Q
H	J	I
L	Y	S
H	Q	O

Интерпретация трех кубов полученного покрытия: 1) Задний фронт синхросигнала C=H при неизменной единице на D=J обеспечивает установку выхода триггера в 1; 2) Отсутствие заднего фронта на синхровходе C=L сохраняет состояние выхода триггера; 3) Задний фронт синхросигнала C=H при неизменном нуле на D=Q обеспечивает установку выхода триггера в 0. Компактность описания автоматных примитивов на примере DC-триггера является безусловным фактом эффективного использования кубитных (булеановых) структур данных для задания и анализа цифровых компонентов. Для счетных структур уменьшение объемов покрытий в двухтактном алфавите [8,9] по сравнению с исчислением Рота (троичным алфавитом) достигает десятков раз [14,15].

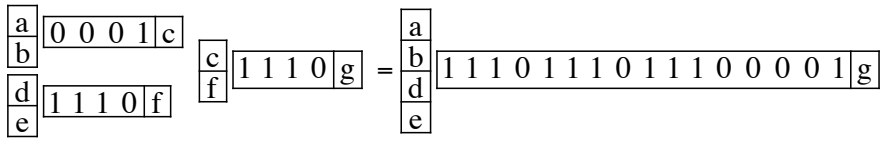
Подводя итог в определении n-кубита, следует отметить, что его сущность отличается от классического байта или бита суперпозиционной структуризацией двоичного вектора, способного одновременно хранить n состояний (символов) функциональности на булеане мощностью $|B(A)| = 2^n$ примитивов и параллельно выполнять логические операции над уже векторным форматом теоретико-множественных данных. Например, операция симметрической разности над подмножествами A={a,b,c,d,e,f} и B={a,c,f,g,h,k} выполняется параллельно за один такт xor-операции, если каждый элемент будет представлен унитарным кодом, а подмножества – соответствующими векторами, которые являются в данном случае кубит-операндами для вычисления симметрической разности:

9 – qubit	a	b	c	d	e	f	g	h	k
A =	1	1	1	1	1	1	0	0	0
B =	1	0	1	0	0	1	1	1	1
$A \oplus B$ =	0	1	0	1	1	0	1	1	1

Сказанное выше дает основания к определению структурированного вектора как n-кубита, поскольку он обладает свойствами параллелизма вычислений, суперпозиционирования и неопределенности (перепутывания – здесь в каждом векторе 6 единиц) состояний, имеющих место в квантовых структурах данных

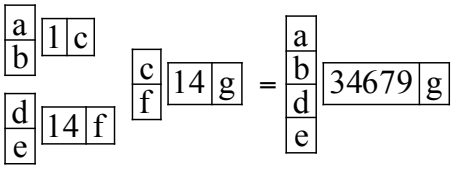
Процедура моделирования на Q-векторе функциональности сводится к записи в выходную булеву переменную Y состояния бита Q-вектора, адрес которого сформирован на основе конкатенации значений входных переменных: $Y = Q(X) = Q(X_1 * X_2 ... * X_j ... * X_k)$. Для моделирования цифровых схем вводится M-вектор эквипотенциальных линий, как аналог Q-вектора, задающий состояния всей вычислительной системы, который связывает Q-векторы логических примитивов (Q-примитивов) в структуру с помощью нумерации входных и выходных переменных каждого функционального элемента [8,9]. Процедура обработки последнего определяется выражением: $M(Y) = Q[M(X)] = Q[M(X_1 * X_2 ... * X_j ... * X_k)]$. С учетом сквозной нумерации Q-примитивов универсальная процедура моделирования текущего i-элемента будет иметь формат $M(Y_i) = Q_i[M(X_i)] = Q_i[M(X_{i1} * X_{i2} ... * X_{ij} ... * X_{ik_i})]$. В данном случае существенно упрощается алгоритм анализа цифровой системы, который сводится к процедуре формирования адреса, что дает возможность в $2^n - 1$ раз повысить быстродействие интерпретативного моделирования за счет замены таблиц истинности примитивов на Q-векторы описания только выходных состояний. Кроме того, если логический элемент имеет n входов, то число строк таблицы истинности равно 2^n, что означает, ее размерность равна $d = 2^n \times n$. Таким образом, учитывая, что если длина Q-вектора для любого логического примитива равна 2^n, то выигрыш в объеме памяти для его хранения и обработки составляет: $r = \dfrac{2^n \times n}{2^n} = n$.

Синтез Q-покрытия на примере цифровой схемы $Y = \overline{ab \wedge \overline{de}} = \overline{ab} \vee de$ сводится к выполнению операции суперпозиции над Q-векторами примитивов, создающих структуру. Например, для трех примитивов (элементы and, and-not, and-not), составляющих схему, операция суперпозиции формирует Q-вектор всей функциональности, где его размерность будет больше, чем сумма Q-покрытий исходных примитивов:



При этом процедура моделирования Q-вектора структуры будет иметь более высокое быстродействие, так как она представлена только одним обращением к Q-покрытию для выемки содержимого из ячейки вместо трех, когда система представлена тремя примитивами. Выбор между структурной схемой или общей функциональностью (черный ящик) есть вопрос выбора между размерностью модели или высоким быстродействием соответственно.

Трехэлементная схема, представленная выше Q-векторами, может быть задана схемотехнически (удобно для восприятия человеком), где вместо векторов будут фигурировать соответствующие десятичные номера:



При обработке такой формы функциональных покрытий необходимо преобразовать десятичный код в двоичный вектор и вычислить адрес ячейки, содержимое которой определяет состояние выходной переменной, в данном случае g. Естественно, что десятичный код существует на бумаге, а в компьютере — это всегда двоичный вектор. На самом деле гибкая схемотехника идентификации (нумерации) межсоединений имеет будущее, так как не связана с соединительными проводами, которые заменяются адресами или номерами линий. При этом создается структура цифрового изделия, обеспечивающая гибкость замены примитивов в случае обнаружения ошибок проектирования или дефектов.

Кубитное представление функциональных элементов дает также возможность ввести новые схемотехнические обозначения, связанные с десятичным номером Q-вектора, задающего функциональность. Если система логических элементов имеет n=2 входа, то число всех возможных функций равно $k = 2^{2^n}$, где типы или номера функционалов f представлены в нижней строке табл. 1.

Таблица 1.

00	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
01	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
10	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
11	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
f =	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Более того, на основе множества кубитов первого уровня, задающих функции от двух переменных, можно ввести кубит второго уровня, унитарно кодирующий двухвходовые функции, что позволяет создавать структуру одновременного задания и анализа всех неупорядоченных состояний дискретной системы, где входными переменными являются функционалы первого уровня (табл. 2).

Таблица 2.

00	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
01	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
10	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
11	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
Q =	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0

В табл. 2 представлены четыре вектора-примитива входных переменных (00,01,10,11), образующие $k = 2^{2^2} = 2^4$ полное множество всех возможных функций, рассматриваемых в качестве примитивов второго уровня. Затем

векторы-примитивы выходных переменных (16 столбцов от 0000 до 1111), формируют $k = 2^{2^4} = 2^{16}$ функциональных примитивов, входящих в состав более сложной дискретной системы, которые можно анализировать параллельно! Далее можно экстраполировать создание более сложной системы кубитов, где вектор Q=0111110000001100, представленный в нижней строке табл. 2, будет рассматриваться как один из $k = 2^{2^{16}}$ примитивов третьего уровня иерархии. В каждом уровне иерархии кубитов количество или мощность булеана состояний экспоненциально зависит от числа примитивов-векторов $k = 2^{2^n}$. Если вектор Q имеет все единичные значения Q=1111111111111111, то он одновременно определяет пространство, содержащее 16 символов двухтактного алфавита, соответствующие булеану на универсуме из четырех примитивов [9].

Основная инновационная идея квантовых вычислений по сравнению с машиной фон Неймана заключается в переходе от вычислительных процедур над байт-операндом, определяющим в дискретном пространстве одно решение (точку), к квантовым параллельным процессам над кубит-операндом, одновременно формирующим булеан решений. В этом тезисе сформулировано будущее всех высокопроизводительных компьютеров для параллельного нецифрового анализа структур и сервисов дискретного киберпространства. Вычислительная сложность процедуры обработки множества из n элементов в «квантовом» процессоре и одного в машине фон Неймана одинакова вследствие соответствующего n-кратного повышения аппаратной сложности квантовой структуры данных.

Графовые структуры описания цифровых схем. Модельная схемотехника, не привязанная непосредственно к транзисторам, может быть представлена графовыми структурами, в которых каждая вершина (дуга) отождествляется с функциональным преобразованием, задаваемым Q-вектором. Тогда дуга (вершина) определяет взаимосвязи между функциональными Q-покрытиями, а также входные и выходные переменные. Реализация таких структур связана с ячейками памяти (LUT FPGA), которые способны хранить информацию в виде Q-вектора, где каждый бит или разряд имеет свой адрес, отождествляемый с входным словом. Тем не менее, программная реализация таких структур становится конкурентоспособной по быстродействию на рынке промышленных систем проектирования цифровых систем на кристаллах в результате адресной реализации процессов моделирования функциональных примитивов. Кроме того, аппаратная поддержка систем проектирования в виде HES (Hardware Embedded Simulator) [10] приобретает новую мотивацию на системном уровне проектирования цифровых изделий, когда программные и аппаратные решения имеют один и тот же кубитный формат.

Рассмотрим комбинационную схему (рис. 2), содержащую шесть примитивов и три различных логических элемента. Данной схеме соответствуют три универсальные графовые формы цифровой функциональности (рис. 3), в которых использованы Q-векторы для задания поведения логических примитивов.

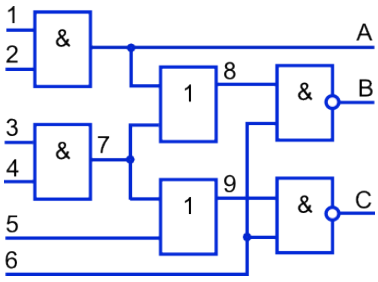


Рис. 2. Комбинационная структура логических примитивов

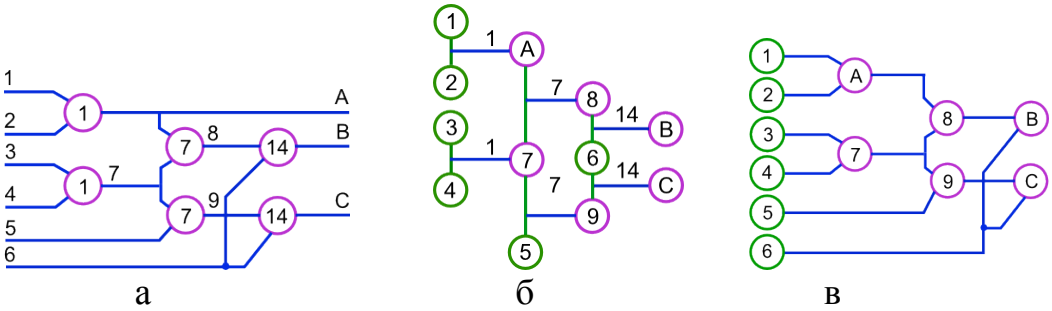


Рис. 3. Графовые формы квантовых функциональностей

Структура, представленная на рис. 3, а содержит 12 линий (дуг), нагруженных на квантовые функциональности (1 = 0001, 7=0111, 14=1110). Она подобна традиционной структурно-функциональной модели комбинационной схемы. Граф на рис. 3, б подобный модели регистровых передач [11], является обратным по отношению к первой структуре. Здесь горизонтальные дуги отождествляются с функциональностями, а вершины – с группами входных линий, объединенных в регистровые переменные посредством вертикальных дуг, состояния которых образуют двоичный вектор, используемый в качестве адреса для вычисления состояния логического элемента или более сложного функционала. Переменные, участвующие в формировании адреса для Q-вектора функциональности можно объединить в одну вершину с указанием всех идентификаторов линий, создающих вектор-адрес. Регистровый граф комбинационной схемы является ранжированным по уровням формирования входных сигналов, что обеспечивает условия параллелизма обработки элементов одного уровня и выполнимости итераций Зейделя [5,9], повышающих быстродействие алгоритмов моделирования цифровых систем.

Структура, представленная на рис. 3, б, может быть использована для формализации как программных, так и аппаратных моделей вентильного, регистрового и системного уровней. Такое представление трудно воспринимается человеком, но оно технологично и легко понимается компьютером при автоматическом создании программных систем анализа вычислительных структур и сервисов киберпространства. Таким образом, регистровый граф цифровой схемы представляет собой гибкую систему адресно взаимосвязанных примитивов для формирования функциональной структуры любой сложности, прежде всего, в масштабах PLD, где все комбинационные элементы представлены постоянными запоминающими устройствами (LUT- Look Up Table) [8], что обеспечивает высокое

быстродействие функционирования и ремонт логических модулей в режиме online.

Одномерный Q-вектор описания функциональности можно привязать к выходной (внутренней) линии устройства, состояние которой формируется в процессе моделирования рассматриваемого Q-покрытия. Тогда регистровая реализация комбинационного устройства может быть представлена вектором моделирования M, невходные линии которого непосредственно связаны с выходами функциональных элементов. Упорядоченные значения входных переменных задают адрес бита Q-вектора, формирующего состояние рассматриваемой невходной линии (рис. 3, в). Если функциональности описываются одновыходовыми примитивами, то каждый из них можно отождествить или идентифицировать номером или координатой невходной линии, на которую нагружен данный элемент. Если функциональность многовыходовая, то Q-покрытие представляется матрицей с числом строк, равным числу выходов. Эффект от такого примитива заключается в параллелизме одновременного вычисления состояний нескольких выходов за одно обращение к матрице по текущему адресу.

Данное обстоятельство является существенным аргументом в пользу синтеза обобщенных кубитов для фрагментов цифрового устройства или всей схемы с целью их параллельной обработки в одном временном такте. Близкой к идеальной по компактности и времени обработки структурой данных, где Q-векторы функциональностей и номера входных переменных привязаны к невходным линиям устройства, является табл. 3.

Таблица 3.

L	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C
M	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1
X	.	.	.	.	.	.	34	A7	75	12	86	96
Q	.	.	.	.	.	.	0	0	0	0	1	1
	.	.	.	.	.	.	0	0	1	1	1	1
	.	.	.	.	.	.	0	0	1	1	1	1
	.	.	.	.	.	.	1	1	1	1	0	0

Она дает представление о том, какие переменные цифровой схемы являются внешними, сколько функциональных примитивов имеется в структуре, а также какие входы нагружены на каждый Q-вектор. Достоинством этой таблицы является отсутствие вектора номеров выходов для каждого примитива, но при этом сохраняется необходимость иметь номера входных переменных для формирования адресов, манипулирование которыми есть достаточно времязатратный процесс.

Модель анализа схемной структуры упрощается до вычисления двух адресов при формировании вектора моделирования $M_i = Q_i[M(X_i)]$ исключением сложного адреса выхода примитива в процессе записи состояний выходов в координаты M-вектора.

Кубитно-регистровый граф (см. рис. 3, в) может быть представлен в виде матрицы $\mu = |\mu_{ij}|,\ i = \overline{1,p};\ j = \overline{1,q}$ параллельно-последовательной обработки логических примитивов:

μ_{ij}	1	2	3
1	1/2 | 1 | A	A/7 | 7 | 8	8/6 | 14 | B
2	3/4 | 1 | 7	7/5 | 7 | 9	6/9 | 14 | C
3	X/X | 1 | X	X/X | 7 | X	X/X | 14 | X

Матричная модель отображает параллельно-последовательную по сути структуру комбинационной схемы на основе взаимодействия Q-покрытий по уровням обработки логических элементов относительно формата (X–Q–Y), представляющих <входы – Q-вектор – выход> каждого примитива: [(1,2–1–A), (3,4–1–7)], [(A,7–7–8), (7,5–7–9)], [(8,6–14–B), (6,9–14–C)]. При этом адресный характер матричных примитивов дает возможность иметь запасные элементы для восстановления работоспособности отказавших путем переадресации на запасные (строка 3) в режиме on-line. Здесь запасные примитивы не имеют номеров входных и выходных переменных, которые отмечены пустыми клетками. В процессе ремонта или перепрограммирования данные координаты доопределяются соответствующими номерами отказавшего элемента. Следует отметить, что не существует принципиальных ограничений и для перепрограммирования логической функции запасного примитива в реальном времени при восстановлении работоспособности неисправного элемента. Поэтому все координаты запасных примитивов в строке 3 можно задекларировать пустыми для перепрограммирования структурности (номеров входов-выходов) и функциональности (Q-вектора) отказавшего элемента. Ограничением по инвариантности резервного примитива к замене любого неисправного может быть только равенство количества входов. В процессе моделирования для корректной обработки функциональности примитива, необходимо к рассматриваемому моменту сформировать все его входные переменные. Поэтому кубитно-регистровый граф, а следовательно и столбцы матрицы, разделены на уровни срабатывания, где все примитивы внутри одного уровня могут обрабатываться параллельно, а сами уровни – последовательно друг за другом. Регулярная структура кубитной матрицы своей ориентирована на решение следующих задач:

1. Ремонт логических примитивов в процессе функционирования посредством переадресации дефектных элементов на примитивы из запаса (строка 3) [12] подобно тому, как это делается в матричной памяти. Каждый тип логического примитива должен иметь по меньшей мере один запасной компонент.
2. Индексная адресация каждого кванта матрицы $\mu_{ij} \in \mu,\ \mu_{ij} = (X_{ij}, Q_{ij}, Y_{ij})$ для оперативного ремонта отказавших примитивов (в примере можно заменить три дефектных примитива, по одному из каждого слоя.
3. Обеспечение высокого быстродействия прототипа комбинационного устройства, реализованного на основе кубитных примитивов, имплементируемых на кристалле PLD в LUT-элементы [8], за счет

предоставления возможности параллельной обработки элементов одного слоя.

4. Создание матричного кубитного мультипроцессора, ориентированного на анализ аппаратных прототипов комбинационных устройств большой размерности, позволяющих существенно ускорить процессы тестирования и верификации цифровых систем на кристаллах, как это делает Hardware Embedded Simulator (HES) [10].

5. Разработка методов анализа комбинационных схем, ориентированных на матричное исполнение кубитных структур логических элементов, посредством их имплементации в элементы памяти кристаллов PLD.

6. Создание генератора кода для масштабируемого синтеза квантовых матриц комбинационных схем на основе использования структур схемотехнических примитивов кристаллов PLD.

7. Проектирование управляющего автомата для функциональной обработки и сервисного обслуживания (восстановления работоспособности) кубитной матрицы комбинационного устройства, имплементированного в PLD структуру.

Алгоритм управляющего автомата для моделирования кубитной матричной структуры комбинационной схемы состоит из трех шагов:

1. Инициирование очередного входного воздействия для комбинационного устройства.

2. Выбор очередного слоя (столбца матрицы) с номером i для параллельной обработки кубитных примитивов Q с целью формирования состояний выходов по адресу входного слова, представленного вектором $M(X_{ij})$: $M(Y_{ij}) = Q_{ij}[M(X_{ij})],\ j = \overline{1,q}.$, где X_{ij} – последовательность номеров входных переменных для примитива Q_{ij}; M – вектор моделирования всех линий комбинационного устройства.

3. Приращение индекса столбца i=i+1 и переход к шагу 2 обработки очередного слоя кубитных примитивов. По окончании анализа всех столбцов матрицы $i = p$ выполняется инкремент индекса очередного входного воздействия t=t+1 с последующим переходом к шагу 1. При достижении конечного числа входных наборов $t = N_{max}$ цикл обработки теста для кубитной матрицы заканчивается.

Автоматная структура MQT-процессора. Основой процесс-модели функционирования вычислителя (комбинационной схемы), представленного в форме кубитной матрицы, является операция транзакции (считывания-записи) двоичной информации на LUT-элементах памяти структуры PLD $M(Y) = Q[(M(X)]$, которая формирует сколь угодно сложные функциональности и сервисы. Все вычислительные процессы в компьютерных системах, сетях и киберпространстве можно свести к одной операции транзакции на любой структуре, способной хранить информацию. Все технологические и схемотехнические узлы, на которых реализуются аппаратные и программные продукты, можно не принимать во внимание при синтезировании виртуальных информационных сервисов, в которых следует

использовать только операцию запись-считывание, как базовую процедуру над Q-покрытиями. Универсальность Q-покрытий позволяет описывать все конструктивы вычислительной техники для синтеза и анализа объектов, процессов и явлений в киберпространстве.

Предлагается MQT-модель кубитного виртуального компьютера, основанная на транзакциях (Transaction) между компонентами памяти, реализующими логические функциональности с помощью Q-векторов, объединенных в систему с помощью вектора состояний переменных M (Memory). Моделирование логической функции примитива основано на считывании бита из Q-вектора $Q = (q_1, q_2, ..., q_i, ..., q_k), k = 2^n, q_i \in \{0,1\}$ и последующей записи данного бита в вектор M. Транзакция может существовать только при наличии заданных отношений на компонентах памяти, число которых должно быть не менее одного. Цикличность транзакции

$$M \xleftarrow{Y_i} Q_i \xleftarrow{X_i} M, \qquad (1)$$

представленной на рис. 4, а, б Read–Write операциями

$$M(Y_i) = Q_i[M(X_i)] \qquad (2)$$

в MQT-структуре, определяется использованием вектора M взаимных связей примитивов, образующего гибкую, адресно ориентированную и гальванически разорванную автоматную модель, в которой главным компонентом вычислительной системы является кубит-память:

$$\begin{cases} A = < M, Q, f, g, X, Y >, \\ M(t+1) = f[X(t), Q(t), M(t)]; \\ Y(t) = g[X(t), Q(t), M(t)]; \\ M(Y_i) = Q_i[M(X_i)]. \end{cases} \qquad (3)\ (4)\ (5)\ (6)$$

Выражения (3)—(6) соответствуют классическому определению автомата Мура, но равенство (6) задает основную и единственную процедуру анализа адресуемых Q-компонентов цифровой системы для формирования координат вектора состояния M. Последний представляет собой адресно вычисляемые реакции Q-примитивов устройства на входные воздействия, полученные конкатенацией координат вектора M, адреса которых соответствуют номерам входных переменных рассматриваемого примитива. Поскольку вектор выходных сигналов Y является подмножеством упорядоченных переменных M, он может быть исключен из рассмотрения. Адресные регистровые переменные Y_i, X_i каждого примитива дают возможность формировать состояние вектора M моделированием структуры квантовых примитивов Q.

Представленная на рис. 4 модель цифрового изделия в виде структурного MQT-автомата содержит вектор моделирования или состояния системы, который объединяет и гибко структурирует все кубитные примитивы для формирования функциональности, заданной спецификацией. При этом цикл обработки каждого Q-элемента заключается в транзакционном взаимодействии

между собой пары компонентов M–Q (см. рис. 4, а), которые в совокупности реализуют универсальную функциональность равенства (2) с помощью двух транзакций (1).

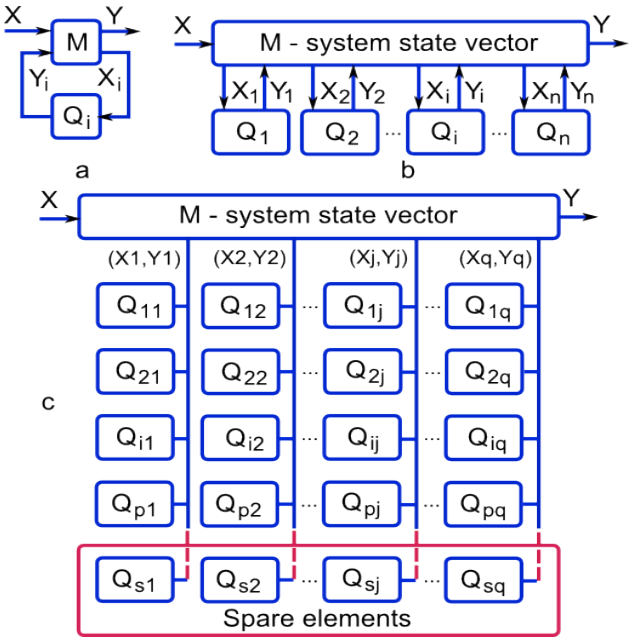


Рис. 4. Битовая, векторная и матричная структуры кубитных примитивов

Обработка всех кубитных элементов на входном воздействии X дает возможность сформировать вектор M состояния цифровой системы SSV (System State Vector), который при необходимости имеет и выходные переменные Y (см. рис. 4, б) для управления другими компонентами вычислительной структуры. Быстродействие анализа (запись-считывание) векторной (линейной) структуры из $n = p \times q$ примитивов имеет оценку: $\gamma = (R + W) \times n$, где W и R – циклы записи и считывания при обработке очередного элемента. Строго последовательный характер обработки упорядоченных по возрастанию номеров выходов квантовых примитивов можно усовершенствовать в сторону уменьшения времени анализа схемы. Для этого необходимо построить двумерную структуру – матрицу Q-элементов, ранжированных по уровням параллельной обработки групп примитивов, оформленных в столбцы (рис. 4, в).

Быстродействие такой структуры, по сравнению с линейной повышается в q (количество столбцов) раз $\lambda^m = \frac{1}{q}(R + W) \times \eta = (R + W) \times p, \eta = p \times q$, что соизмеримо со временем обработки комбинационной схемы на основе жестко заданных гальванических связей. Но главное преимущество матрицы гибких связей компонентов – наличие нижней строки запасных примитивов для ремонта в режиме online, что делает любой проект, содержащий комбинационную логику, тестопригодным, вследствие оперативной переадресации отказавшего Q- примитива на элемент из ремонтного запаса. Для этого при синтезе такой двумерной структуры желательно располагать в

одном столбце однотипные примитивы, что уменьшит издержки на запасные элементы.

Инновационная идея матрицы кубитных примитивов реализует комбинационные Q-покрытия (векторы) на адресуемых: координатах кубита и элементах памяти, мягко соединенных в цифровую схему с помощью вектора состояний линий. Это дает возможность ремонтировать отказавшие логические примитивы в реальном времени с помощью их переадресации на запасные компоненты при достаточно высоком быстродействии функционирования вычислительного устройства. Платой за такое преимущество является существенная аппаратная избыточность по сравнению с жесткой комбинационной схемой. Добавляются следующие компоненты (рис. 5): CU – устройство управления; Q-ADC – дешифратор адресов примитивов; M-SSV – вектор состояния цифровой системы; X-ADC – дешифратор адресов входов; X-M – память входов; Y-ADC – дешифратор адресов выходов; Y-M – память выходов.

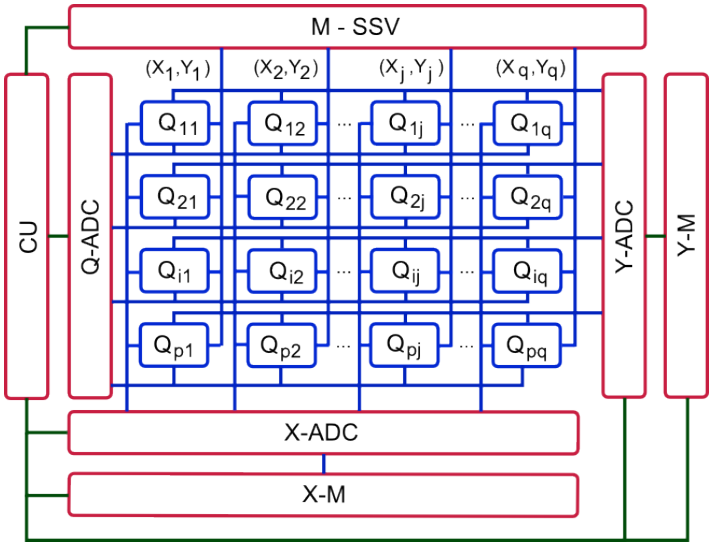


Рис. 5. Матричная структура операционного устройства

Упрощение автомата Мура до пары транзакционно взаимодействующих компонентов на основе M-вектора моделирования, адресно структурирующего элементы, привело к тривиальной модели MQT-автомата:

$$\begin{cases} A = < M, Q, X, Y >, \\ M(Y_i) = Q_i[M(X_i)]. \end{cases}$$

Привязка идентификаторов функциональных Q-примитивов к номеру (адресу) выходной линии цифровой системы позволяет упростить MQT-автомат управления еще на одну транзакционную операцию, связанную с формированием адреса состояния выхода примитива Y:

$$\begin{cases} A = < M, Q, X >, \\ M_i = Q_i[M(X_i)]. \end{cases}$$

В этом случае отсутствует система выходных переменных, которые заменены координатами M-вектора моделирования линий цифрового устройства.

Представленный MQT-автомат имеет следующие особенности:

1. Отсутствие жестких гальванических связей между элементами, формирующими комбинационную логику.
2. Наличие гибких связей Q-примитивов, формируемых с помощью M-вектора (моделирования) состояния цифровой системы.
3. Частичное уменьшение быстродействия вычислительной структуры в результате устранения гальванических связей.
4. Обеспечение новой возможности комбинационной структуры, которая заключается в восстановлении работоспособности системы в случае возникновения отказов в примитивных элементах.
5. Инвариантность реализации MQT-компьютеров по отношению к среде использования (виртуальное пространство, критические объекты) и субстанции имплементации (твердые кристаллы и материалы, жидкие, газообразные и плазменные формы существования материи).
6. Структура адресного взаимодействия Q-компонентов памяти между собой посредством M-вектора моделирования (сосредоточение входов и выходов цифровой системы) подобна технологии использования всех устройств компании Apple, когда входом и выходом любого гаджета является киберпространство (интернет или облака данной компании). Можно сделать вывод о том, что ни на макро, ни на микро уровне среды применения автоматов нет необходимости использовать внешние входы и выходы цифровой системы, которая ориентирована на жесткое взаимодействие с киберпространством и не представляет особого интереса как автономное вычислительное изделие. Вместо входов и выходов существует единое адресное пространство, в данном случае вектор M, откуда вычислительная система берет входные данные, а после преобразований записывает туда же результаты или выходные данные:

$$\begin{cases} A = < M, Q >; \\ M_i = Q_i(M_j). \end{cases}$$

Поэтому MQT-модель системного описания структур данных подобна отношениям между вычислительными устройствами (Q-компоненты) и интернетом (M-память). По-видимому, это — настоящее и будущее технологической культуры, когда компьютер (гаджет) связывается с киберпространством, которое является входом и выходом для любого вычислительного устройства.

7. Для обработки кубитных вычислительных MQT-структур более низкого уровня действует простая и эффективная транзакционная процедура – кубит функциональности берет данные из адресного пространства M, а затем туда же записывает результат преобразования: $M_i = Q_i(M_j)$.

8. Предлагаемая MQT-модель вычислительной ячейки киберпространства включает структурный MQ-автомат адресной гибкой организации взаимодействия функциональных примитивов $MQ = \{M, Q, [(M \times Q) \rightarrow M] \vee [M_Y = Q(M_X)]\}$ на основе использования M-вектора

моделирования. MT-автомат осуществляет управление обработкой кубитных примитивов на основе использования операции транзакции, регламентируемой характеристическим выражением $M_i = Q_i[M_j]$, определяющим взаимосвязи адресуемых компонентов и процедуру их транзакционной обработки. Таким образом, предложенный MQT-автомат, используя только элементы памяти и единственную операцию транзакции, дает возможность системно проектировать высоконадежные вычислительные и информационные сервисы как в реальном, так и в виртуальном пространстве.

В качестве примера проанализируем цифровую схему на одном тестовом наборе. Вектор моделирования и кубитная структура схемы имеют следующий вид:

$$M = \begin{array}{|cccccc|cccccc|} \hline 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & A & B & C \\ \hline 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ \hline \end{array}$$

Q_{ij}	1	2	3
1	$\frac{1}{2}$ 0001 A	$\frac{A}{7}$ 0111 8	$\frac{8}{6}$ 1110 B
2	$\frac{3}{4}$ 0001 7	$\frac{7}{5}$ 0111 9	$\frac{6}{9}$ 1110 C

Суть анализа цифровой структуры заключается в заполнении вектора моделирования по всем координатам:

1. Запись в элементы вектора M по шести координатам входных переменных двоичного набора 000111.

2. Обработка примитива с номером Q_{11}, имеющим входные переменные 1 и 2, а выход, обозначенный символом A. Для этого формируется адрес 00 путем конкатенации содержимого ячеек 1 и 2 вектора M. Применяя данный адрес к Q-вектору 0111, определяем содержимое нулевой ячейки, равное нулю, которое записывается в вектор M по адресу A выходной переменной обрабатываемого кубита.

3. Повторение процедуры, описанной в пункте 2, ко всем Q-примитивам позволяет представить двоичными сигналами все координаты вектора моделирования: 000111001010.

Аппаратная имплементация приведенного и масштабируемого примера кубитной структуры цифрового устройства на основе использования элементов памяти представлена на рис. 6.

Сложность аппаратной реализации примера комбинационной схемы составляет 150 вентилей, включающих 20 LUT системы элементов компании Xilinx Spartan 3E. Быстродействие функционирования или формирования вектора двоичного моделирования равно 180 ns.

MQT–структуры в будущих исследованиях. Введение MQT–автомата для синтеза и анализа вычислительных сервисов позволяет сделать более общие выводы. Дуализм мира обладает материально-информационной целостностью, а значит, детерминированной воспроизводимостью объектов, процессов и явлений. Любой материальный объект способен хранить информацию. Следовательно, его можно использовать для записи и считывания, а значит, –

для создания вычислительной системы, пусть даже в некоторой степени специфической.

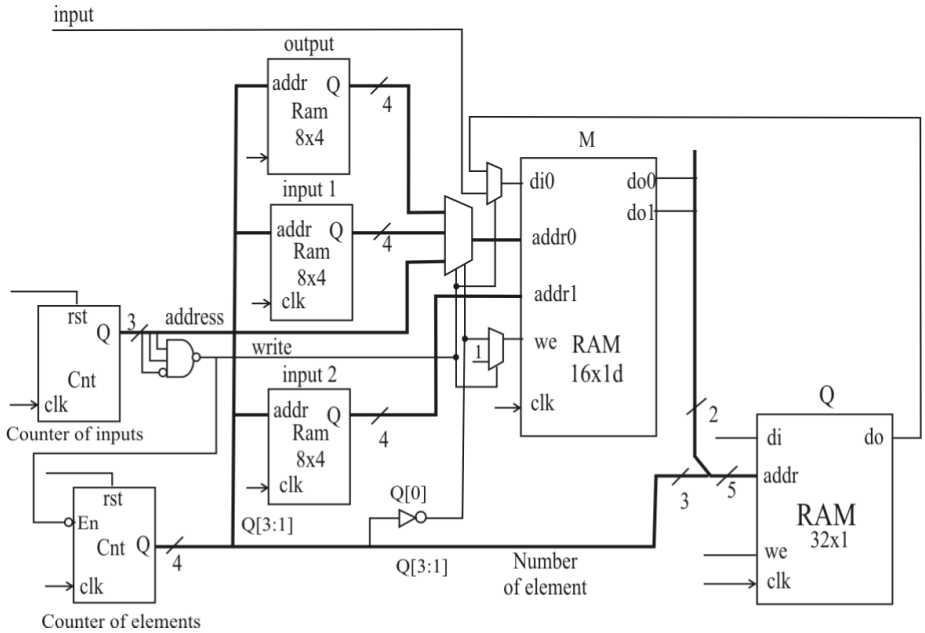


Рис. 6. Аппаратная реализация кубитной структуры комбинационной схемы: input – вход для последовательного занесения входных значений вектора M; rst – общий сброс системы, в данном случае счетчиков; clk – вход синхронизации; counter of inputs – счетчик заполнения входных координат вектора M; counter of element – счетчик номера обрабатываемого примитива, который предоставляет два такта для считывания входного набора из двух координат вектора M; Q[3:1] – шина номера обрабатываемого примитива; Q[0] – переменная режима считывания входных значений из вектора M или записи результата в M; Ram 8x4 output — блок памяти, сохраняющий номера выходных линий примитивов; Ram 8x4 input 1 и Ram 8x4 input 2 – сохраняют номера входных линий примитивов; RAM 16x1d – двухпортовая память хранения вектора моделирования M, где addr0 – адрес входа 1 при значении 00 на входах управления мультиплексора, адрес записи результата при значении 01 на входах управления мультиплексора, адрес для инициализации входных данных при значении 1X на входах управления мультиплексора; addr1 – адрес входа 2 обрабатываемого примитива; di0 – вход данных памяти при обработке примитива (MUX=1) или внешний вход input при инициализации входных данных (MUX=0); we – разрешение записи в вектор M; do0 – выход, соответствующий входу addr0; do1 – выход, соответствующий входу addr1; RAM 32x1 предназначен для хранения Q-векторов задания функциональностей комбинационной схемы: di – вход данных, для инициализации (записи) структуры кубитов; addr – [4:0]: addr[4:2] – номер элемента; addr[1:0] – входной набор для примитива.

Человек есть биологический компьютер с заданной программой функционирования (жизнедеятельности) всех его органов во времени. Как любую программу код (геном) функционирования человека можно считать и записать, а значит, воспроизвести или скорректировать. Любые объекты на

планете имеют свои программы существования во времени – информационные геномы. Процессы и явления также имеют свои программы развития, но более высокого уровня иерархии в управлении. Вселенная также имеет собственный геном – информационную программу развития. Естественно, любую программу можно считать-записать, а значит, скорректировать или воспроизвести. Это является оптимистической стороной информационной модели объектов, процессов и явлений материального мира.

Декодировать программу, как и дизассемблировать двоичный код, сложно, но возможно. Для этого нужно определить место – носитель кода и способ шифрования каждого объекта, процесса или явления природы. Можно предположить, что геном биологического объекта имеет форму, подобную структуре многозначных кубит-векторов, когда каждый из них, $Q = (q_1, q_2, ..., q_i, ..., q_n), q_i \in \{a_1, a_2, ..., a_j, ..., a_k\}$, может быть трансформирован в двоичную матрицу, где символ алфавита описания разрядов кванта может быть развернут в двоичный вектор или код-столбец.

Многозначность функциональности достаточно распространена в природе, удобна для восприятия глазом человека, но для компьютера символы любого алфавита пока трансформируются в двоичные векторы или коды. Геном человека с позиции компьютерной инженерии есть структура данных, записанная в биопамять, компактная программа развития и существования во времени и пространстве белковых конструктивов, которая имеет аппарат управления-мониторинга (чтения-записи) без наличия жестких гальванических связей. Такие принципы биоинженерии следует применять и к объектам киберпространства, чтобы обеспечить их надежность, ремонтопригодность, восстанавливаемость на микро и макроуровнях.

Таким образом, кубитные структуры дают возможность сделать из комбинационной схемы простейший автомат (интегрирующая память, кванты функциональностей, операция транзакции) и перейти от программного моделирования цифровых систем к аппаратной эмуляции структур и процессов, составляющей пользовательские функции компьютера, инвариантные по отношению к технологиям имплементации. Показательным аналогом и прообразом является аппаратный ускоритель процессов моделирования PRUS [7], ориентированный на уменьшение времени проектирования и верификации цифровых систем на кристаллах. Однако в отличии от [7] в данном случае предлагается использовать по прямому функциональному назначению процессор гибкого адресно ориентированного аппаратного моделирования кубитных структур в качестве вычислительного изделия, доставляющего сервисы потребителю. При этом сохраняется высокое быстродействие функционирования устройства, дополненное существенной для критических систем возможностью восстановления работоспособности в режиме реального времени.

Технологическая сингулярность — взрыв в понимании законов вселенной на коротком промежутке времени и создание кибермозга человечества с целью повышения качества жизни, очевидно, произойдет в результате развития трех

компонентов: биоинженерии, искусственного интеллекта киберпространства и нанотехнологий проектирования. Имеется ввиду следующее:

1) встроенная и непосредственная интеграция человека с компьютером (киберпространством) посредством устранения языковых барьеров и последовательных интерфейсов между ними;

2) создание искусственного интеллекта для самообучения и самосовершенствования, когда компьютеры и киберпространство будут способны к самовоспроизводству более совершенных моделей, структур и процессов;

3) «нано-выращивание» компьютера путем структурирования атомов. Одним из главных условий достижения данной точки развития технологической культуры является создание принципиально нового компьютера (вычислительного процесса), инвариантного по отношению к любой точке пространства или его субстанции, которую можно структурировать и использовать вместо кремния.

Пространственный параллелизм существующих компьютеров и точечная одновременная многозначность – два пути в развитии интеллектуального киберпространства. Компьютер можно создать из чего угодно, что способно сохранять во времени и (или) в пространстве не менее двух управляемых и наблюдаемых состояний. Регистр или память, как основа для хранения данных и выполнения вычислительных процедур, представляет собой несколько физических точек или триггеров, к которым можно применить параллельную операцию, разнесенную в пространстве. При этом повышение производительности цифрового устройства в настоящее время осуществляется только в результате расширения субстанции вычислительной структуры.

Можно ли объединить упомянутые точки пространства в одну для выполнения параллельных операций над совокупностью данных, сосредоточенных в одной материальной точке? Возможно, такой вопрос и стоял перед учеными, которые предсказали появление квантового компьютера. Несомненно, что будущее компьютерной индустрии должно быть связано с многовариантностью физической точки пространства как примитива структур данных, которая должна иметь возможность хранения булеана состояний в качестве операнда для реализации вычислительных процедур. Однако при этом возникает только одно решение, заслуживающее внимания.

Все, что физически является стабильным во времени, может иметь только одно состояние в каждый конкретный момент времени, включая цифровые дискретные автоматы, устройства и системы. Решение очевидно – дуализм частицы и волны на всем спектре электромагнитного излучения обладает искомыми свойствами пространственной точки:

1. Каждая точка пространства может иметь в конкретный момент времени множество волн или квантов известных и неизвестных человечеству диапазонов.

2. Это означает возможность наличия в точке пространства множества частиц соответствующих диапазонов, которые формируют совокупность информационных состояний данной точки.

3. Неопределенность (многовариантность) во времени процессов и явлений есть ключ к созданию принципиально новых компьютеров, которые можно называть как квантовыми, так и электромагнитными, учитывая дуализм электродинамики в отношении носителя (частица или волна).

4. На каждой стадии развития технологической культуры необходимо выбирать подходящую точку пространства или субстанции (газообразная, жидкая, твердая, плазменная), которую можно использовать для мониторинга и управления ее многозначными состояниями с помощью существующих технологий. Предсказания фантаста Станислава Лема и В.И. Вернадского о возможности существования разума в жидкой (океан Солярис) и газообразной среде (ноосфера) уже приближают человечество к созданию глобального искусственного разума киберпространства, что можно ожидать к 2050 г.

5. Дискретизация спектра частот в каждой точке пространства может быть основой для кодирования как примитивов (двоичных, многозначных), так и более сложных ассоциаций, например булеана состояний, т. е. восьмиразрядный регистр, имеющий 256 состояний, можно представить одной точкой в пространстве для последующей обработки на основе мониторинга и управления соответствующими квантами или спектром частот.

6. Если предположить, что кванты существуют во всех диапазонах непрерывного и бесконечного спектра, то возникает вопрос, какой диапазон частот в точке пространства или субстанции будет освоен первым для создания новых мощных и простых квантовых электродинамических вычислителей на основе экономически приемлемых технологий мониторинга и управления (атомными примитивами) частицами или волнами.

Ученые научились не только сканировать атомные структуры, но и последовательно строить или выращивать их. При решении проблемы разработки квантового компьютера в нано-технологическом направлении необходимо следующее:

1) создание технологий с высоким быстродействием выращивания требуемых гетерогенных атомных структур в соответствии с заданной программной спецификацией вычислителя;

2) создание эффективного транзакционного механизма для реализации простого мониторинга и управления квантовыми состояниями выращенных атомных вычислительных структур с адресуемыми компонентами;

3) обеспечение требуемой стабильности во времени состояний компонентов атомной структуры, реализующей память.

Для решения проблемы необходимо объединить достижения и усилия ученых, работающих в областях квантовой физики атомных взаимодействий, биоинженерии, микроэлектроники, электрохимии и компьютерной инженерии.

Выводы

1. Предложенные кубитные модели описания цифровых систем и компонентов характеризуются компактностью описания таблиц истинности в форме Q-покрытий вследствие унитарного кодирования входных состояний, что позволяет повысить быстродействие программных и аппаратных средств

интерпретативного моделирования вычислительных устройств в результате адресной реализации анализа логических примитивов.
2. Представленная матричная модель кубитных примитивов для реализации комбинационных схем имеет адресное объединение Q-покрытий на элементах памяти, гибко соединенных в цифровую схему с помощью вектора состояний линий, что дает возможность ремонтировать отказавшие логические примитивы в реальном времени с помощью их переадресации на запасные компоненты при достаточно высоком быстродействии функционирования вычислительного устройства.
3. Введенная гибкая автоматная MQT-модель компьютера с использованием только адресуемых структур памяти и операции транзакции для программной и аппаратной реализации комбинационных и последовательностных функциональностей позволяет создавать быстродействующие и надежные вычислители для формирования сервисов киберпространства на основе параллельных логических операций и ремонта неисправных адресуемых функциональных примитивов.
4. Инновационная идея квантовых вычислений с переходом от вычислительных процедур над байт-операндом, определяющим в дискретном пространстве одно решение (точку) к логическим регистровым параллельным процессам над кубит-операндом, одновременно формирующим булеан решений, дает возможность определить новые перспективы на пути создания высокопроизводительных компьютеров параллельного анализа и синтеза структур и сервисов дискретного киберпространства.
5. Представленная концепция системного проектирования программных и аппаратных облачных сервисов киберпространства на основе MQT–автомата с применением транзакций на кубитных адресно связанных компонентах вычислителя с помощью вектора состояний (моделирования) дает возможность программировать логические функциональности в кубитных примитивах интерпретативной структуры цифрового устройства.
6. Рыночная привлекательность MQT–компьютера определяется примитивизмом его реализации в программном и аппаратном исполнении; высоким уровнем использования памяти в структуре современных вычислителей, достигающим 94% площади кристалла, и как следствие — уменьшением влияния комбинационной логики на быстродействие системы в целом, повышением надежности компьютеров с помощью онлайн-ремонта адресуемых элементов памяти, включая логические примитивы. Существующее неприятие MQT–компьютера рынком связано с лоббированием вычислителей на основе жесткой комбинационной логики в VLSI-проектах со стороны компаний, разрабатывающих процессоры на основе технологий reusable logic.
7. Направления будущих исследований. Синтез кубитных моделей цифровых систем на основе использования Q-покрытий, а также разложение (анализ) функциональностей на кубитные компоненты. Моделирование неисправностей и синтез тестов на основе использования Q-покрытий компонентов цифровых систем. Разработка специализированных программных приложений для

решения задач синтеза комбинационных устройств на основе использования матричной модели MQT-процессора, ориентированного на высокий параллелизм решения практических задач и восстановление работоспособности устройства в реальном времени.

Список литературы:

1. Michael A. Nielsen. Quantum Computation and Quantum Information / Michael A. Nielsen, Isaac L. Chuang. – Cambridge, UK : Cambridge University Press, 2010. – 676 p.
2. Stenholm Stig. Quantum approach to informatics / Stenholm Stig, Kalle-Antti Suominen. – Hoboken, NJ : John Wiley & Sons, 2005. – 249 p.
3. Mark G. Whitney. Practical Fault Tolerance for Quantum Circuits : PhD dissertation in Computer Science / Mark G. Whitney ; University of California, Berkeley. – Berkeley, 2009. – 206 p.
4. Mikio Nakahara. Quantum Computing. An Overview / Mikio Nakahara. – Higashi-Osaka : Kinki University, 2010. – 53 p.
5. Горбатов В. А. Основы дискретной математики / В. А. Горбатов. – М. : Высш. шк., 1986. – 311 с.
6. Qubit Model for solving the coverage problem / V. Hahanov, E. Litvinova, S. Chumachenko et al. // Proc. of 10th East-West Design & Test Symposium, September 14–17, 2012, Kharkov, Ukraine. – Kharkov, 2012. – P. 142–144.
7. Квантовые модели вычислительных процессов / В. И. Хаханов, Мурад Али Аббас, Е. И. Литвинова и др. // Радиоэлектроника и информатика. – 2011. – № 3. – С. 35–40.
8. Проектирование и тестирование цифровых систем на кристаллах / В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова, И. В. Хаханова, О. А. Гузь. – Харьков : ХНУРЭ, 2009. – 484 с.
9. Техническая диагностика цифровых и микропроцессорных структур : учеб. / В. И. Хаханов. – Киев : ИСИО, 1995. – 242 с.
10. Бондаренко М. Ф. Структура логического ассоциативного мультипроцессора / М. Ф. Бондаренко, В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова // Автоматика и телемеханика. – 2012. – № 10. – С. 71—92.
11. Борисовец Б. Э. Общая модель и синтез тестов для механизмов управления межрегистровым обменом данными в микропроцессорах / Б. Э. Борисовец, С. Г. Шаршунов // Автоматика и телемеханика. – 1992. – № 8. – С. 142–149.
12. Koal T. A comprehensive scheme for logic self repair / T. Koal, D. Scheit, H. T. Vierhaus // Proceedings of the IEEE Conf. on Signal Processing Algorithms, Architectures, Arrangements, and Applications, September 24–26, 2009, Poznan, Poland. – Poznan, 2009. – P. 13-18.
13. Yervant Zorian. Embedded Memory Test & Repair: Infrastructure IP for SOC Yield / Yervant Zorian // Proceedings International Test Conference 2002. – Washington, 2002. – P. 340–349.
14. Roth J. P. Diagnosis of automata failures: a calculus and method / J. P. Roth // IBM Journal of Research and Development. – 1966. – № 7. – P. 18–32.

15. Основы технической диагностики : в 2 кн. / под ред. П. П. Пархоменко. – Москва : Энергия, 1976. – Кн. 1 : Модели объектов, методы и алгоритмы диагноза / В. В. Карибский, П. П. Пархоменко, Е. С. Согомонян, В. Ф. Халчев. – 464 с. : ил. – Библиогр.: с. 450–455.
16. Курош А. Г. Курс высшей алгебры / А. Г. Курош.– Москва : Наука, 1968.– 426 с.

КУБИТНЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ

Владимир Хаханов

Предлагаются теория и примеры реализации кубитных моделей, методов и алгоритмов для повышения быстродействия существующих программных и аппаратных средств анализа цифровых вычислительных устройств за счет увеличения размерности структур данных и памяти для одновременного хранения обрабатываемых состояний. Представлены результаты исследований, касающиеся моделей и методов диагностирования цифровых систем, моделирования исправного поведения, восстановления работоспособности отказавших примитивов.

Ключевые слова: *цифровые кубитные структуры, моделирование, диагностирование и ремонт цифровых систем.*

1. Введение

Эволюция киберпространства планеты условно делится на следующие периоды: 1) 1980-е годы – формирование парка персональных компьютеров; 2) 1990-е годы – внедрение Интернет-технологий в производственные процессы и быт человека; 3) 2000-е годы – повышение качества жизни за счет внедрения мобильных устройств и облачных сервисов; 4) 2010-е годы – создание цифровой инфраструктуры мониторинга, управления и взаимодействия между собой стационарных и движущихся объектов (воздушный, морской, наземный транспорт и роботы); 5) 2015-е годы – создание глобальной цифровой инфраструктуры киберпространства, где все процессы, явления идентифицируются во времени и в трехмерном пространстве и становятся интеллектуальными. В связи с необходимостью развития параллельных вычислений для неупорядоченных данных в последние годы становятся все более значимыми кубитные структуры для создания облачных Интернет сервисов, благодаря их позитивной альтернативности существующим затратным по времени классическим моделям последовательной обработки теоретико-множественных структур за счет существенного расширения памяти [1]. Однако такая плата в настоящее время вполне допустима, поскольку рынок нано-электронных технологий предоставляет сегодня разработчикам цифровых систем до 1 миллиарда вентилей на кристалле размерностью 2x2 см при толщине пластины в 5 микрон. При этом современные технологии допускают создание пакета или «сэндвича», содержащего до 7 кристаллов. Практически «беспроводное» соединение таких пластин основывается на технологической возможности сверления порядка 10 тысяч сквозных отверстий (vias) на 1 квадратном сантиметре. Кроме того, появление трехмерных FinFETs транзисторов и основанных на них 3D-технологий реализации объемных цифровых систем предоставляют новые возможности для создания более быстродействующих за счет уменьшения задержек параллельных вычислительных устройств [2-7]. Поэтому можно и нужно использовать «жадные» к аппаратуре модели и методы для создания

быстродействующих средств параллельного решения практических задач. Имея в виду дискретность и многозначность алфавитов описания информационных процессов, свойство параллелизма (одновременности процессов), заложенное в квантовых вычислениях, является востребованным при создании эффективных и интеллектуальных «движков» для киберпространства, облачных структур и сервисов Интернета; повышения надежности цифровых устройств; тестирования и моделирования дискретных систем на кристаллах. Здесь не рассматриваются физические основы квантовой механики, касающиеся недетерминированного взаимодействий атомных частиц, но используется понятие кубитной структуры как векторной формы совместного или одновременного задания булеана состояний в конечной и дискретной области киберпространства, ориентированного на параллелизм и суперпозицию обработки предлагаемых кубитных моделей и методов.

Квантовые эмуляторы на классических компьютерах достаточно эффективно применяются для решения оптимизационных задач, связанных с полным перебором вариантов решений на основе использования теории множеств [1,8]. Особенность в том, что множество элементов в компьютере всегда является упорядоченным, поскольку каждый бит, байт или другой компонент имеет свой адрес. Поэтому все теоретико-множественные операции, так или иначе, сводятся к полному перебору адресов примитивных элементов. Адресный порядок структур данных хорош для задач, где компоненты моделей можно строго ранжировать, что дает возможность выполнять их анализ за один проход или одну итерацию. Там, где нет порядка в структуре, например, множество всех подмножеств, классическая модель памяти и вычислительных процессов наносит вред времени анализа ассоциации равных по рангу примитивов, или, в лучшем случае, обработка ассоциативных групп является неэффективной. Что можно предложить для неупорядоченных данных вместо строгого порядка? Процессор, где элементарной ячейкой служит образ или шаблон универсума из n примитивов, который генерирует $Q = 2^n$ всех возможных состояний такой ячейки в виде булеана или множества всех подмножеств. Прямое решение, ориентированное на создание такой ячейки использует унитарное позиционное кодирование состояний примитивов, которое с помощью суперпозиции последних образует универсум примитивов, формирующее в пределе – булеан или множество всех подмножеств [8,9].

n-Кубит есть векторная форма унитарного кодирования универсума из n примитивов для задания булеана состояний 2^{2^n} с помощью 2^n двоичных переменных. Например, если n=2, то 2-кубит задает 16 состояний с помощью 4-х переменных. Если n=1, то кубит задает 4 состояния на универсуме из двух примитивов с помощью 2-х двоичных переменных (00,01,10,11) [1]. При этом допускается суперпозиция (одновременное существование) в векторе 2^n состояний. Кубит (n-кубит) дает возможность использовать логические операции вместо теоретико-множественных для существенного ускорения

процессов синтеза и анализа дискретных систем. Далее кубит отождествляется с n-кубитом или вектором, если это не мешает пониманию излагаемого материала. Поскольку квантовые вычисления связаны с анализом кубитных структур данных, то далее частично эксплуатируется определение «квантовый» для идентификации технологий, использующих два свойства квантовой механики: параллелизм обработки и суперпозицию состояний.

2. Кубитный метод диагностирования цифровых систем

Предлагается метод диагностирования функциональных нарушений и константных неисправностей в программных или аппаратных блоках, которые используют «кубитные» или многозначные структуры данных для задания диагностической информации, что дает возможность существенно уменьшить вычислительную сложность процессов моделирования и диагностирования за счет введения параллельных логических операций над матричными данными. Представлен кубитный метод исправного моделирования цифровых устройств с восстановлением работоспособности компонентов цифровой системы в режиме online, который имеет существенно более высокое быстродействие за счет адресной реализации процедуры обработки функциональных примитивов, заданных кубитными векторами состояний выходов.

Модель объекта диагностирования представлена в форме графа цифровой системы, которая имеет функциональные элементы, соединенные линиями связей. Среди них имеются ассерции – точки наблюдения или мониторинга, необходимые для верификации, тестирования и диагностирования неисправностей [2]. Диагностическая информация представлена компонентами: 1) Тест проверки или диагностирования неисправностей заданного класса, в данном случае рассматриваются константные дефекты $\{\equiv 0, \equiv 1\}$ линий схемы. 2) Таблица неисправностей [6], строки которой задают векторы проверяемых на каждом тестовом наборе дефектов, соответствующих линиям схемы. 3) Матрица достижимостей, которая определяет достижимость каждой ассерционной точки – наблюдаемой линии – со стороны множества предшествующих линий схемы [8]. 4) Матрица состояния ассерционного механизма или матрица экспериментальной проверки, задающая состояние ассерции на тестовых наборах путем сравнения эталонной реакции в данной точке с реальным сигналом в процессе выполнения диагностического эксперимента [2,7].

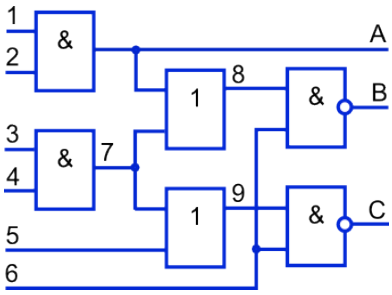
Базовая модель D_b диагностирования цифрового изделия, процесса или явления представлена компонентами, которые создают 4 измерения в пространстве признаков:

$$\begin{cases} D_b = < S, A, F, T > \\ D = \{< S, A >, < F, T >\}; \end{cases} \qquad \begin{cases} V_b = (|S| \times |A| \times |F| \times |T|); \\ V = (|S| \times |A|) + (|F| \times |T|); \\ V_b >> V; \end{cases} \qquad \begin{cases} S^* = f(S, A, T); \\ A^* = g(T, A); \\ F^* = h(S, A, F, T). \end{cases}$$

При этом в предлагаемой модели D объем диагностической информации V формируется декартовым произведением (мощностей) четырех компонентов в

порядке их следования $<S, A, F, T>$: 1) структура объекта; 2) механизм ассерций или мониторинга; 3) совокупность неисправностей или модулей, подверженных функциональным нарушениям; 4) тестовые наборы или сегменты для диагностирования неисправностей или совокупности упомянутых модулей. Актуально и существенно уменьшить объем V_b диагностической информации можно путем понижения размерности пространства признаков за счет разделения базовой модели на два непересекающихся подмножества $<S, A>, <F, T>$. В этом случае оценка V объема диагностической информации становится не мультипликативной, а аддитивной по отношению к мощности полученных в результате разбиения подмножеств без какого-либо уменьшения глубины диагностирования. Первый компонент модели диагностирования S представлен матрицей достижимостей, которая позволяет минимизировать маску возможных дефектов на основе анализа структуры схемы путем сравнения истинных и реальных результатов моделирования выходных сигналов на каждом тестовом наборе или сегменте. Число строк такой матрицы равно количеству наблюдаемых выходов или ассерций. Параметры (S^*, A^*, F^*) формируют функциональные зависимости от реальных компонентов в общей модели диагностирования.

В процессе выполнения метода диагностирования создается двоичная матрица структурной активизации неисправностей, которая служит маской для существенного уменьшения множества подозреваемых дефектов при совместном анализе таблицы неисправностей. При этом символы одиночных константных дефектов $\{0, 1, X, \varnothing\}$, $X = \{0, 1\}$ в ячейках таблицы неисправностей [6] кодируются соответствующими состояниями кубита (10,01,11,00) многозначного алфавита Кантора $A^k = \{0, 1, X, \varnothing\}$, что дает возможность исключить из вычислительных процессов теоретико-множественные процедуры, заменив их на векторные логические операции.



T\F	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	A_a	A_b	A_c
111101	0	0	0	0	.	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
010101	1	.	1	.	1	.	1	1	1	1	0	0	0	1	1
101001	.	1	.	1	1	.	1	1	1	1	0	0	0	0	0
000011	.	.	.	.	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0
111110	0	0	.	.	.	1	.	.	.	0	0	0	1	1	1

Рис. 1. Фрагмент цифровой схемы и таблица неисправностей

Для рассмотрения сущности предлагаемого метода используется фрагмент цифровой схемы, представленной на рис. 1. Здесь имеются три ассерционных точки A,B,C для наблюдения за состоянием всех линий схемы в процессе тестирования (выполнения диагностического эксперимента) путем подачи пяти тестовых воздействий, заданных в таблице неисправностей F(T). Координаты данной таблицы задают проверяемые на тест-векторах

неисправности 0 и 1, а также имеются состояния координат: $\varnothing$ (.) – отсутствие проверяемых дефектов и X – проверка на линии константы 0 и 1 одновременно. Правая часть таблицы есть матрица состояний ассерционного механизма в виде результатов сравнения эталонной и реальной реакций цифрового устройства на тестовые наборы. Значение 1 означает несравнение, 0 – совпадение упомянутых реакций.

В таблице неисправностей не учитывается структура схемы для повышения глубины диагностирования на основе вычисления реальной матрицы состояний ассерционного механизма, которая совместно с матрицей достижимостей создает структурную маску, минимизирующую множество подозреваемых дефектов. Для фрагмента цифровой схемы, представленной на рис. 1, матрица достижимостей имеет следующий вид:

$S=\lvert S_{ij}\rvert$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C
1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.
2	1	1	1	1	.	1	1	1	.	.	1	.
3	.	.	1	1	1	1	1	.	1	.	.	1

Здесь выходы-ассерции A,B,C являются мониторами технического состояния объекта диагностирования. Каждый из них может иметь два значения: $A_{ij}=\{0,1\}$, которые определяют матрицу экспериментальной проверки $A=\lvert A_{ij}\rvert$ путем сравнения эталонных $T=\lvert T_{ij}\rvert$ и реальных $U=\lvert U_{ij}\rvert$ состояний наблюдаемых или выходных линий: $A_{ij}=T_{ij}\oplus U_{ij}$, которые формируют маску возможных дефектов с помощью следующего выражения: $S_i=S(T_i)=(\bigvee_{A_{ij}=1} S_{ij})\wedge(\overline{\bigvee_{A_{ij}=0} S_{ij}})$. Каждый тест-вектор (-сегмент) активизирует собственную структуру возможных дефектов, которая функционально зависит от маски, ассерций (состояния наблюдаемых выходов) и тестовых наборов: $S=f(S,A,T_i)$. Если предположить, что в матрице $S=\lvert S_{ij}\rvert$ состояния ассерционных выходов на первом тест-векторе равны $A_{1A}=0;A_{1B}=1;A_{1C}=1$, где значение 1 идентифицирует проявление дефекта в устройстве, то маска возможных дефектов, согласно функционалу $S_1=S(T_1)=(\bigvee_{A_{1j}=1} S_{1j})\wedge(\overline{\bigvee_{A_{1j}=0} S_{1j}})$, будет иметь следующий вид:

$$S_1=S(T_1)=(S_2\vee S_3)\wedge(\overline{S_1})=(111101110010\vee 001111101001)\wedge(\overline{110000000100})=$$
$$=(111111111011)\wedge(001111111011)=(001111111011).$$

Полученная маска накладывается на первую строку таблицы неисправностей, что определяет множество подозреваемых дефектов $F_i=T_i\wedge S|_{i=1}\rightarrow F_1=T_1\wedge S_1$, формирующих ассерционную выходную реакцию $A_{1(A,B,C)}=(011)$ устройства на первый тест-вектор:

Faults	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C
T_1	0	0	0	0	.	0	0	0	0	0	1	1
S_1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
$F_1 = T_1 \wedge S_1$	.	.	0	0	.	0	0	0	0	.	1	1

В соответствии с предложенной процедурой получения маски одной строки выполняется построение матрицы структурной активизации неисправностей S(T) на основе использования таблицы экспериментальной проверки $A = |A_{ij}|$, задающей состояния ассерционного механизма в процессе выполнения тестирования $S(T) = S \otimes A$:

$S = \|S_{ij}\|$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C
1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.
2	1	1	1	1	.	1	1	1	.	.	1	.
3	.	.	1	1	1	1	1	.	1	.	.	1

$\xrightarrow{\otimes}$

$A = \|A_{ij}\|$	A	B	C
T1	1	0	0
T2	0	1	1
T3	0	0	0
T4	0	0	0
T5	1	1	1

=

S(T)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C
T1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
T2	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
T3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

В целях формирования структур данных, удобных для компьютерной обработки, необходимо перевести символы таблицы неисправностей в двухразрядные коды в соответствии с правилами $\triangleright$-кодирования: $\triangleright = \{0 = 10; 1 = 01, X = 11, \varnothing = 00\}$, применение которых к таблице неисправностей F(T) дает следующий результат:

F(T)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C
T1	0	0	0	0	.	0	0	0	0	0	1	1
T2	1	.	1	.	1	.	1	1	1	1	0	0
T3	.	1	.	1	1	.	1	1	1	1	0	0
T4	.	.	.	.	0	0	1	1	0	1	0	1
T5	0	0	.	.	.	1	.	.	.	0	0	0

$\xrightarrow{\triangleright}$

F(T)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C
T1	10	10	10	10	00	10	10	10	10	10	01	01
T2	01	00	01	00	01	00	01	01	01	01	10	10
T3	00	01	00	01	01	00	01	01	01	01	10	10
T4	00	00	00	00	10	10	01	01	10	01	10	01
T5	10	10	00	00	00	01	00	00	00	10	10	10

После получения структурной матрицы S(T), предназначенной маскировать реальные дефекты в таблице неисправностей и ее кодированной формы, необходимо выполнить #-суперпозицию двух матриц: $F(T) = S(T) \# F(T)$, которая сводится к выполнению #-операции над одноименными координатами $F_{ij} = \overline{F}_j \leftarrow (F_j = 00) \vee (S_{ij} = 0)$, что означает модификацию кодов координат таблицы F(T) при выполнении заданных условий. Иначе, данная операция сводится к инверсии ячеек матрицы кодов неисправностей, маскируемых нулевыми сигналами структурной матрицы активизации, а также всех нулевых кодов таблицы неисправностей. Таблица истинности данной #-операции в символьном и кодированном виде представлена ниже:

$\# = S_{ij} \setminus F_{ij}$	$\varnothing$	1	0	X
0	X	0	1	$\varnothing$
1	X	1	0	X

$\# = S_{ij} \setminus F_{ij}$	00	01	10	11
0	11	10	01	00
1	11	01	10	11

Таблица истинности скорректирована относительно инверсии состояния 00 в 11 при единичном значении сигнала активизации неисправности, потому что такой код (00) означает присутствие в схеме на линии пустого множества

проверяемых дефектов, что невозможно. Но код 00 еще блокирует все вычисления конъюнкции по столбцу, превращая результат в 00. Инверсия кода дает возможность не маскировать при логическом умножении действительно присутствующих дефектов, любых знаков. При этом предполагается, что невозможно тест-вектором проверить на одной линии схемы дефекты разных знаков.

Выполнение процедуры суперпозиции структурной матрицы с кодированной таблицей неисправностей $F(T) = S(T) \# F(T)$ дает следующий результат:

S(T)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C
T1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
T2	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
T3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

$\xrightarrow{\#}$

F(T)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C
T1	10	10	10	10	00	10	10	10	10	10	01	01
T2	01	00	01	00	01	00	01	01	01	01	10	10
T3	00	01	00	01	01	00	01	01	01	01	10	10
T4	00	00	00	00	10	10	01	01	10	01	10	01
T5	10	10	00	00	00	01	00	00	00	10	10	10

=

=

F(T)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C
$\wedge$	01	01	01	01	11	01	01	01	01	10	10	10
	10	11	01	11	01	11	01	01	01	10	10	10
	11	10	11	10	10	11	10	10	10	10	01	01
	11	11	11	11	01	01	10	10	01	10	01	10
	10	10	11	11	11	01	11	11	11	10	10	10
$F(T) = \bigwedge_{i=1}^{n} F_i$	00	00	01	00	00	01	00	00	00	10	00	00
F =	.	.	1	.	.	1	.	.	.	0	.	.

На заключительной стадии диагностирования выполняется единственная и векторная операция логического умножения всех строк кодированной модифицированной таблицы истинности F(T):

$$F(T) = (\bigvee_{A_i=1} F_i) \wedge (\overline{\bigvee_{A_i=0} F_i}) = (\bigwedge_{A_i=1} F_i) \wedge (\overline{\bigvee_{A_i=0} F_i}) = (\bigwedge_{A_i=1} F_i) \wedge (\bigwedge_{A_i=0} \overline{F}_i) = (\bigwedge_{i=1}^{n} F_i).$$

Это дает возможность точно определить все дефекты, присутствующие в объекте диагностирования, которые представлены в двух нижних строках приведенной выше кодированной таблицы неисправностей F(T): $F = \{3^1, 6^1, A^0\}$.

Интерес представляет поиск кратных дефектов на основе мультипроцессора Хассе [4,5], который ориентирован на решение задачи покрытия путем полного перебора событий, обеспечивающих точное покрытие вектора экспериментальной проверки столбцами таблицы неисправностей:

$$F(T) = (\bigvee_{i} F_i) \oplus A = 0.$$

Здесь решением является такое сочетание столбцов, участвующих в векторной операции логического сложения, которое в совокупности дает результат, равный вектору экспериментальной проверки. Поскольку операция времязатратная, то для нее следует использовать мультипроцессор Хассе, ориентированный на взятие булеана в почти параллельном режиме.

Подводя итог, следует представить модель процесса диагностирования цифровых устройств, которая содержит функциональные преобразователи, связанные с выполнением следующих шагов (рис. 2):

1. Препроцессирование сводится к генерированию исходной диагностической информации в виде теста диагностирования, таблицы неисправностей и матрицы достижимостей цифровой системы.
2. Тестирование реального устройства на основе использования промышленного симулятора в целях сравнения фактических реакций устройства с эталонными значениями по наблюдаемым линиям-ассерциям, что дает возможность сформировать матрицу выходных реакций или вектор экспериментальной проверки в двоичном алфавите.

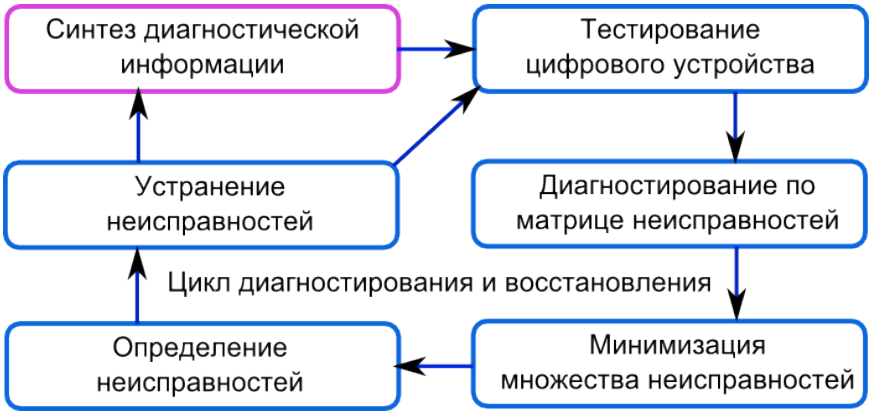


Рис. 2. Цикл диагностирования и ремонта логических блоков

3. Вычисление матрицы активности графовой структуры на каждом входном тестовом наборе, равной по размерности таблице неисправностей, с помощью матрицы экспериментальной проверки и матрицы достижимостей, что дает возможность существенно сократить область подозреваемых дефектов.
4. Модификация содержимого таблицы неисправностей путем ее маскирования матрицей активности графовой структуры, в целях определения только тех неисправностей, которые действительно формируют матрицу экспериментальной проверки в процессе диагностирования.
5. Выполнение процедуры логического умножения над строками таблицы неисправностей для получения вектора подозреваемых дефектов.
6. Восстановление работоспособности цифрового устройства путем переадресации неисправных логических компонентов на их аналоги из ремонтного запаса и повторение процесса тестового диагностирования.

Таким образом, новизна предложенного метода диагностирования дефектов заключается в использовании для получения диагноза единственной параллельной операции логического умножения, что в сочетании со структурным маскированием неисправностей дает преимущества перед аналогами в части увеличения быстродействия и повышения глубины диагностирования.

3. Кубитное моделирование цифровых систем

Рассматриваются структуры данных, эффективные с точки зрения программной или аппаратной реализации исправного интерпретативного

моделирования дискретных систем, описанных в форме кубитных векторов состояний выходов примитивов. Для описания цифровой схемы, представленной на рис. 3, традиционно используется структура взаимосвязанных элементов и кубические покрытия (таблицы истинности) логического элементов.

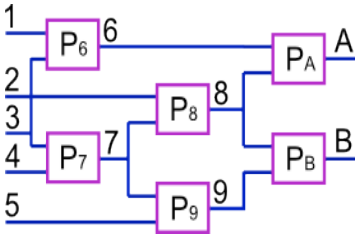


Рис. 3. Фрагмент цифровой схемы

Цель предлагаемого метода кубитного моделирования – заменить таблицы истинности компонентов цифрового устройства векторами состояний выходов. Пусть функциональный примитив с номером P_6 имеет следующую таблицу истинности:

$P_6 =$

X_1	X_2	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Данное покрытие логического элемента можно трансформировать путем унитарного кодирования входных векторов на основе использования двухтактного алфавита [4-7]. Символы и их коды, предназначенные для описания автоматных переменных, представляют собой булеан на универсуме из четырех примитивов, что соответствует формату вектора, содержащего два кубита:

B*(Y)={Q=(1000), E=(0100), H=(0010), J=(0001), O={Q,H}=(1010), I={E,J}=(0101), A={Q,E}=(1100), B={H,J}=(0011), S={Q,J}=(1001, P={E,H}=(0110), C={E,H,J}=(1110), F={Q,H,J}=(1011), L={Q,E,J}=(1101), V={Q,E,H}=(1110), Y={Q,E,H,J} =(1111), U=(0000)}.

С помощью двухтактного алфавита любое покрытие функционального примитива путем кодирования входных наборов и последующего объединения символов всегда можно представить двумя кубами или даже одним, учитывая, что кубы взаимно инверсны:

$$P_6 = \begin{array}{|c|c|}\hline 00 & 1 \\ 01 & 1 \\ 10 & 1 \\ 11 & 0 \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|c|}\hline Q & 1 \\ E & 1 \\ H & 1 \\ J & 0 \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|c|}\hline V & 1 \\ J & 0 \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|c|}\hline 1110 & 1 \\ 0001 & 0 \\ \hline \end{array} \rightarrow \boxed{1\ 1\ 1\ 0}$$

Два куба показывают не только все решения, но и инверсию сигналов на выходе, что интересно с позиции активизации всех логических путей в схемной структуре при синтезе тестов. Например, для изменения состояния выхода можно создать пару следующих друг за другом условий $\begin{array}{|c|c|}\hline 1110 & 1 \\ 0001 & 0 \\ \hline \end{array}$, где в первом такте записаны первые три входных вектора 00, 01,10 в форме

кубита (11101), а во втором – четвертый вектор (00010), формируемый значениями 11 двух входных переменных. Иначе, два кубита активизации одновременно задают три возможных условия изменения выходной переменной на входах логического элемента И-НЕ.

Для моделирования исправного поведения достаточно иметь только один куб (нулевой или единичный), поскольку второй всегда является дополнением к первому. Следовательно, ориентируясь, например, на единичный куб, формирующий на выходе 1, можно убрать бит состояния выхода примитива, что уменьшит размерность куба или модели примитива до количества адресуемых состояний элемента, где адрес есть вектор, составленный из двоичных значений входных переменных, по которому определяется состояние выхода примитива.

Кубитное покрытие или Q-покрытие есть векторная интерпретативная форма задания функциональности, где значение координаты определяет состояние выхода функции, соответствующее двоичному входному слову, формирующему адрес ячейки. Q-покрытие одновыходового примитива всегда представлено двумя взаимно инверсными кубами (векторами), размерность которых равна степени двойки от числа входных переменных, где единичное значение координаты определяет участие адреса рассматриваемого бита в формировании соответствующего (0,1) состояния выхода примитива. Кубитные модели примитивов требуют создания новой теории моделирования, прямой и обратной импликации, синтеза тестов, моделирования неисправностей, поиска дефектов. Здесь и далее представлены основные процедуры исправного моделирования на основе манипулирования адресами, неявно представленными в координатах кубов Q-покрытия.

Модель для анализа цифровой системы на основе использования кубитных структур данных может быть описана четырьмя компонентами:

$$F = < L, M, X, Q >,$$
$$L = (L_1, L_2, ..., L_j, ..., L_n);$$
$$M = (M_1, M_2, ..., M_j, ..., M_n);$$
$$X = (X_{n_x+1}, X_{n_x+2}, ..., X_{n_x+i}, ..., X_n);$$
$$Q = (Q_{n_x+1}, Q_{n_x+2}, ..., Q_{n_x+i}, ..., Q_n).$$

Здесь представлены соответственно: L – вектор идентификаторов эквипотенциальных линий схемы цифровой системы, который ввиду своей тривиальности может быть исключен из модели, но при этом необходимо иметь число входных переменных устройства и общее количество линий; M – вектор моделирования состояний всех линий схемы; X – упорядоченная совокупность векторов входных переменных каждого примитива схемы, связанных с номерами выходов, Q – совокупность Q-покрытий примитивов, строго связанных с номерами выходов и входных переменных примитивов; n – число линий в схеме, n_x – количество входных переменных.

В качестве примера кубитного задания модели цифрового устройства $F = < L, M, X, Q >$, представленного на рис. 3, ниже приведен вариант

структурной таблицы описания схемы для анализа исправного поведения:

L	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B
M	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0
X	.	.	.	.	.	13	34	27	75	68	89
Q	.	.	.	.	.	1	0	1	1	1	1
	.	.	.	.	.	1	1	0	0	0	0
	.	.	.	.	.	1	1	0	0	1	1
	.	.	.	.	.	0	1	0	1	0	1

Метод кубитного моделирования исправного поведения сводится к определению значения выхода элемента по адресу, формируемому конкатенацией двоичных состояний входных переменных каждого примитива цифровой системы $M(Y_i) = Q_i[M(X_{i1} * X_{i2} ... * X_{ij} ... * X_{ik_i})]$. Здесь k_i – число входных линий в примитиве с номером i. Поскольку номера невходных линий вектора L однозначно идентифицируют по выходам обрабатываемые примитивы, то формула моделирования может быть приведена к циклу определения состояний всех невходных переменных:

$$M_i = Q_i[M(X_{i1} * X_{i2} ... * X_{ij} ... * X_{ik_i})] = Q_i[M(A_i)], \ i = \overline{n_x + 1, n}.$$

Здесь процесс моделирования связан с конкатенированным формированием адреса бита в кубите функциональности, который определяет состояние примитива или невходной линии цифровой структуры, начиная с номера $i = n_x + 1$. Если переменные создают не двоичный адрес, то в данном случае существует возможность формирования состояния выхода логического элемента в троичном алфавите символом X. Состояния выходов формируются идеально примитивной процедурой обработки кубита примитива

$$M_i = Q_i[M(X_i)]$$

на основе простых итераций или итераций Зейделя [6,8]. Во втором случае необходима препроцессорная процедура ранжирования линий и примитивов схемы, которая позволяет существенно уменьшить количество проходов по элементам схемы для достижения сходимости, когда фиксируется равенство состояний всех линий в двух соседних итерациях. Кроме того, ранжирование примитивов по уровням формирования выходов дает возможность существенно повысить быстродействие моделирования за счет параллельной обработки функциональных элементов одного уровня. Например, для схемы, представленной на рис. 6, одновременно можно обрабатывать элементы с номерами 6,7, затем – 8,9 и далее – A,B. В первом случае, когда используются простые итерации, ранжирования не требуется, но платой за простоту алгоритма моделирования является существенно большее число итеративных проходов по примитивам схемы для достижения упомянутого критерия сходимости. Вычислительная сложность предложенного Q-метода моделирования на основе кубитных функциональностей определяется процедурами формирования адреса – входного вектора, содержащего k_i переменных, для каждого i-го примитива $[(r + w) \times k_i]$, считыванием бита из

кубит-вектора по конкатенированному адресу и записью $(r+w)$ данного бита в вектор моделирования:

$$\eta = \sum_{i=n_x+1}^{n}\{[(r+w)\times k_i]+(r+w)\} = \sum_{i=n_x+1}^{n}[(r+w)\times(k_i+1)] = (r+w)\times\sum_{i=n_x+1}^{n}(k_i+1).$$

Время моделирования одного тест-вектора Q-методом, при условии, что цифровая схема, составленная из 900 четырехвходовых примитивов, имеет параметры: r = w = 5ns, $k_i = 4$, $n_x = 100$, n=1000, равно 45 микросекунд:

$$\eta = (r+w)\times\sum_{i=n_x+1}^{n}(k_i+1) = (5+5)\times 900\times(4+1) = 10\times 900\times 5 = 45000\,\text{ns} = 45\mu\text{s}.$$

Это означает, что быстродействие интерпретативного Q-метода моделирования дает возможность для данной схемы обработать за одну секунду 22 222 входных наборов. При этом цифровое устройство имеет существенное преимущество – сервисную функцию online восстановления работоспособности в случае отказа примитива путем его переадресации на запасной элемент.

Для синтеза квазиоптимальных структур данных комбинационного устройства необходимо использовать следующие правила:

1) Ранжированная схема цифрового устройства по структурной глубине для моделирования по способу Зейделя должна иметь по возможности однотипные примитивы в каждом уровне (слое) срабатывания.

2) В каждом уровне желательно иметь одинаковое число примитивов. Поэтому синтез цифрового устройства следует ориентировать на создание прямоугольной (матричной) структуры однотипных логических элементов.

3) Реализация комбинационных примитивов предполагает использование адресуемых элементов памяти, имеющих место быть в программируемых логических устройствах (FPGA, CPLD), широко используемых для создания прототипов.

4) Формирование для каждого уровня комбинационного устройства ремонтных примитивов для восстановления работоспособности в режиме online из расчета – один запасной элемент на каждый тип компонента, используемый в уровне.

5) Стоимость аппаратурных затрат для реализации комбинационного устройства, ориентированного на высокое быстродействие, должна определяться суммой всех примитивов, привязанных к уровням комбинационного устройства, дополненной линейкой запасных элементов по одному для каждого слоя (при условии существования в каждом слое одинаковых примитивов):

$$Q = \sum_{i=\overline{1,n}}^{j=\overline{1,m}} P_{ij} + n.$$

6) Реализация комбинационного устройства, ориентированного на минимизацию аппаратных затрат, определяется суммой всех типов

примитивов, инвариантных к уровням комбинационного устройства, дополненной линейкой запасных элементов по одному для каждого типа:

$$Q = \sum_{i=1}^{m} P_i + m.$$

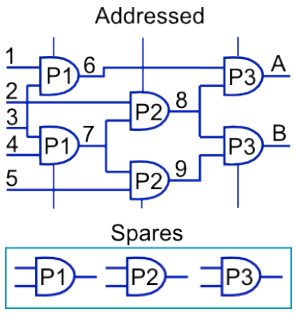
7) Обработка матрицы комбинационных элементов с помощью процессорной линейки примитивов, число которых равно мощности максимального уровня или слоя в прямоугольной структуре, что обеспечивает условия для параллельной обработки всех примитивов в каждом уровне элементов в целях повышения быстродействия комбинационного прототипа, реализуемого в PLD.

Таким образом, новизна предложенного Q-метода интерпретативного исправного моделирования цифровых схем заключается в существенном повышении быстродействия и уменьшении объемов структур данных за счет замены таблиц истинности на Q-покрытия, что практически делает разработку конкурентоспособной с технологиями компилятивного моделирования.

4. Восстановление работоспособности комбинационных устройств

Немногочисленные работы, посвященные восстановлению работоспособности логических схем [9-11], описывают две идеи. Первая заключается в реконфигурации структуры логических элементов в режиме offline, которая обеспечивает возможность замены каждого из неисправных примитивов. Вторая создает условия для замены неисправных элементов путем использования запасных логических компонентов и мультиплексоров для переадресации отказавших примитивов.

Структуры кубитных данных модифицируются в сторону дополнения строкой типов примитивов $F = < L, M, X, P, Q >, P = (P_1, P_2, ..., P_i, ..., P_m)$, задействованных при синтезе цифровой системы, если необходимо в процессе функционирования выполнять ремонт или восстановление работоспособности за счет введения запасных примитивов, которые, так же как и основные, реализуются на основе элементов памяти. На рис. 4 изображен пример схемной структуры из адресуемых и трех запасных элементов. Структуры данных, соответствующие схеме с тремя дополнительными элементами представлены здесь же:



L	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B
M	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0
X	.	.	.	.	.	13	34	27	75	68	89
P	.	.	.	.	.	1	2	3	4	5	6
Q	1	1	0	0	1	1	1	0	1	.	.
	1	1	1	1	0	0	1	1	0	.	.
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	.	.
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	.	.

Рис. 4. Пример схемной структуры из адресуемых и запасных элементов

Таблица (см. рис. 4) оперирует номерами структурных примитивов, что дает возможность заменить любой отказавший элемент исправным из ремонтного

запаса путем изменения адресного номера в строке примитивов P. Ремонтные элементы в данной таблице начинаются со столбца номер 7.
В следующей таблице представлены строка типов логических элементов, а также адреса типов этих примитивов, отмеченные номерами:

L	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B
M	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0
X	.	.	.	.	.	13	34	27	75	68	89
P	.	.	.	.	.	1	1	2	2	3	3
Q	1	0	1	1	0	1	.	.	.	.	.
	1	1	0	1	1	0	.	.	.	.	.
	1	1	1	1	1	1	.	.	.	.	.
	0	0	0	0	0	0	.	.	.	.	.

Данная структура данных ориентирована на программную реализацию моделирования, а ремонтные примитивы начинаются с номера 4. Если существует возможность перепрограммирования логики в элементе памяти с одинаковым числом входных переменных, то данную процедуру следует выполнять после фиксации неисправного элемента, когда становится известно – какой элемент в структуре и какой тип примитива отказал. Процедура восстановления работоспособности ориентирована на PLD-реализацию цифровых систем. Если кубитные модели схем не имеют запасных примитивов, то соответствующий формат таблиц будет иметь следующий вид:

L	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B
M	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0
X	.	.	.	.	.	13	34	27	75	68	89
P	.	.	.	.	.	1	1	2	2	3	3
Q	1	0	1	.	.	.	.	.	.	.	.
	1	1	0	.	.	.	.	.	.	.	.
	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.
	0	0	0	.	.	.	.	.	.	.	.

Таким образом, кубитные структуры данных ориентированы на компактность описания функционалов цифрового изделия векторами состояний выходов, повышение быстродействия процедур моделирования за счет адресации состояний выходов примитивов, а также на восстановление работоспособности отдельных логических элементов, благодаря их реализации в элементах памяти PLD или в форме программных модулей. Очень важно, что в последнем случае не нужно хранить ремонтные примитивы, поскольку предложенные здесь интерпретативные структуры табличных данных изначально ориентированы на технологические удобства устранения дефектов в процессе функционирования прототипа цифрового изделия.
Обработка схемы в кристалле сводится к определению адреса, составленного двоичными битами вектора моделирования, по которому находится значение логической функции. Каждый примитив имеет цикл обработки, содержащий три процедуры:
1) Адресное считывание номеров входных переменных из соответствующего столбца матрицы X для формирования адреса состояния входной переменной вектора моделирования: $A = X_{ij},\ i = \overline{1,n};\ j = \overline{1, s_p - 1}$;

2) Формирование адреса (двоичного кода) для вычисления логической функции путем конкатенации соответствующих состояний входных переменных в векторе моделирования $A = M(X_{ij}) * M(X_{ir})$;

3) Запись результата выполнения логической функции как состояния выхода в соответствующий разряд вектора моделирования $M(X_{is_p}) = P[M(X_{ij}) * M(X_{ir})]$.

Процесс обработки всех примитивов схемы в данном случае является строго последовательным, что представляет собой существенное замедление процедуры формирования состояний выходных переменных. Однако уменьшение быстродействия можно считать платой за сервис встроенного и автономного восстановления работоспособности цифровой структуры, который является одним из этапов функционирования инфраструктуры обслуживания SoC, представленной на рис. 5.

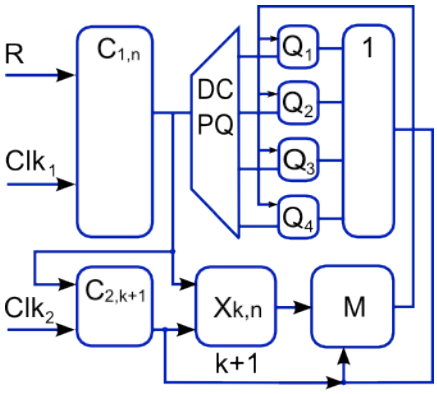


Рис. 5. Операционная структура комбинационной схемы

Комбинационная схема становится операционным устройством, где присутствуют операционный и управляющий автоматы. Заменяемыми компонентами в операционном автомате являются типы примитивов – функциональные элементы или структурные примитивы.

Операционное устройство для реализации элементно-адресуемых комбинационных схем содержит: счетчик обработки текущего примитива C_1; память для хранения типов примитивов, соответствующих структурным элементам P; счетчик считывания номеров входных и выходной переменных текущего примитива C_2; дешифратор типов примитивов DC; память для хранения вектора моделирования M; матричная память для хранения номеров входов-выходов структурных примитивов X; линейка памятей, реализующих функциональные примитивы P(Q); регистр формирования входного адресного слова для обрабатываемого примитива RG; логический элемент Or для коммутации результатов обработки функциональных примитивов.

Граф-схема алгоритма управления процессом моделирования структуры комбинационной схемы представлена на рис. 6 и содержит следующие шаги:

1. Инициализация (формирование) всех компонентов (номера и типы элементов, линии связей для входов и выходов логических элементов) схемной структуры:

$$P = (P_1, P_2, ..., P_i, ..., P_n);\ Q = (Q_1, Q_2, ..., Q_j, ..., Q_m);$$
$$X = [X_{pq}]; p = \overline{1,n};\ q = \overline{1,s_p}.$$

2. Инициализация параметра обрабатываемого примитива и номера входного набора $i = 0, t = 0$ для его моделирования в двоичном алфавите $M_r = \{0,1\}$.

3. Инкрементирование индекса примитива, номера теста и инициализация входного тестового (рабочего) набора: $i = i + 1, t = t + 1,\ M(X) = T_t(X), |T_t(X)| = \eta$.

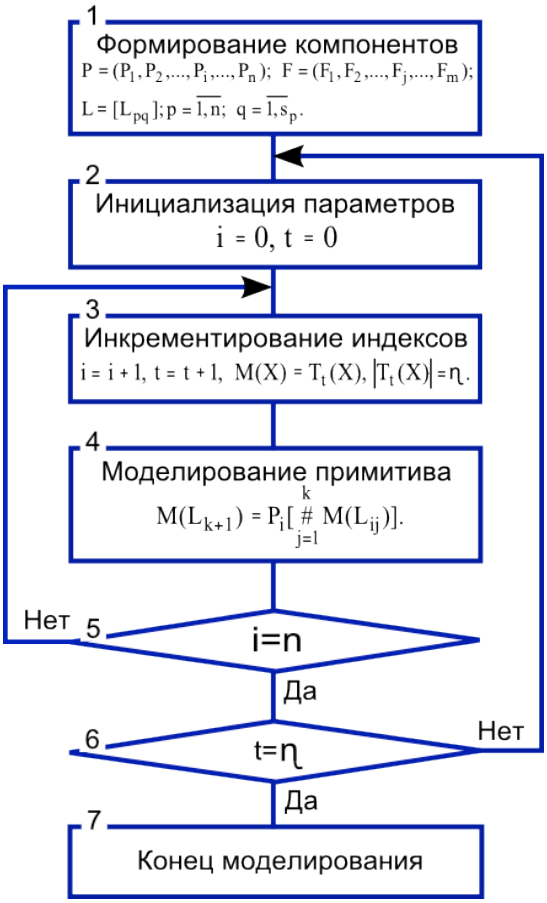


Рис. 6. Граф-схема алгоритма управления процессом моделирования

4. Конкатенация (*) разрядов слова для формирования входного воздействия $\overset{k}{\underset{j=1}{*}} M(X_{ij})$ логического элемента P_i (типа Q_i) и выполнение процедуры определения состояния его выхода с последующей записью в соответствующую координату вектора моделирования: $M(X_{k+1})$:

$$M(X_{k+1}) = \{P_i, Q_i\}[\overset{k}{\underset{j=1}{*}} M(X_{ij})].$$

5. Повторение пунктов 3 и 4 в целях получения состояний выходов всех логических элементов до выполнения условия: $i = n$.

6. Повторение пунктов 2–4 в целях моделирования всех входных тестовых (рабочих) наборов, до выполнения равенства: $t = \eta$, где η – длина теста.

7. Окончание процесса моделирования цифрового устройства.

Таким образом, научная новизна предложенной модели цифровой системы заключается во введении в структуру устройства избыточных ремонтных компонентов и управляющего автомата, ориентированного на последовательную обработку комбинационных примитивов, что дает возможность осуществлять процедуру переадресации примитивов в случае отказа одного из них. Нетрудно создать аналогичные автоматы для параллельной обработки слоев из примитивов ранжированной схемы, что максимально приблизит быстродействие устройства к его реализации в кристаллах PLD.

5. Заключение

Научная новизна и практическая значимость данной публикации, основанная на применении кубитных структур, ориентированных на параллельное вычисление теоретико-множественных по сути данных, формируется в следующие несколько пунктов:

2. Усовершенствован метод диагностирования дефектов цифровых систем за счет использования единственной параллельной операции логического умножения, что в сочетании со структурным маскированием неисправностей дает преимущества перед аналогами в части компактности представления данных, увеличения быстродействия и повышения глубины диагностирования.
3. Предложен новый Q-метод интерпретативного исправного моделирования цифровых схем, который характеризуется использованием компактных Q-покрытий вместо таблиц истинности, что дает возможность существенно повысить быстродействие анализа за счет адресного формирования выходов функциональных примитивов и уменьшить объемы структур данных, что практически делает метод конкурентоспособным с технологиями компилятивного моделирования.
4. Усовершенствована модель цифровой системы путем дополнения в структуру устройства избыточных ремонтных компонентов и управляющего автомата, ориентированного на последовательную обработку комбинационных примитивов, что дает возможность осуществлять процедуру переадресации отказавших примитивов в режиме штатного функционирования.
5. Показаны примеры использования кубитных структур данных и процедур формирования адресов для моделирования цифровых схем и решения задач диагностирования путем использования векторных параллельных логических операций и ремонта неисправных модулей на основе адресуемых логических примитивов.
6. Основная инновационная идея квантовых или кубитных вычислений заключается в переходе от вычислительных процедур над байт-операндом, определяющим в дискретном пространстве одно решение (точку), к квантовым параллельным процессам над кубит-операндом, одновременно формирующим булеан решений.

Список литературы:

1. Michael A. Nielsen. Quantum Computation and Quantum Information / Michael A. Nielsen, Isaac L. Chuang. – Cambridge : Cambridge University Press, 2010. – 676 p.
2. Проектирование и тестирование цифровых систем на кристаллах / В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова, И. В. Хаханова, О. А. Гузь. – Харьков : ХНУРЭ, 2009. – 484 с.
3. Information analysis infrastructure for diagnosis / V. Hahanov, W. Gharibi, E. Litvinova, S. Chumachenko // Information an international interdisciplinary journal. – 2011. – Vol. 14, № 7. – P. 2419–2433.
4. Квантовые модели вычислительных процессов / В. И. Хаханов, Мурад Али Аббас, Е. И. Литвинова и др. // Радиоэлектроника и информатика. – 2011. – № 3. – С. 35–40.
5. Бондаренко М. Ф. Структура логического ассоциативного мультипроцессора / М. Ф. Бондаренко, В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова // Автоматика и телемеханика. – 2012. – № 10. – С. 71—92.
6. Хаханов В. И. Техническая диагностика цифровых и микропроцессорных структур / В. И. Хаханов. – Киев : ИСИО, 1995. – 242 с.
7. Hahanov V. Infrastructure intellectual property for SoC simulation and diagnosis service / V. Hahanov // Design of digital systems and devices / eds. M. Adamski, A. Barkalov, M. Węgrzyn. – Berlin ; Heidelberg : Springer, 2011. – P. 289–330. – (Lecture Notes in Electrical Engineering ; vol. 79).
8. Горбатов В. А. Основы дискретной математики / В. А. Горбатов. – М. : Высш. шк., 1986. – 311 с.
9. Инфраструктура встроенного восстановления логических PLD-схем / В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова, И. В. Хаханова, Murad Ali Abbas // Радиоэлектроника и информатика. – 2012. – № 2. – С. 54–57.
10. Qubit models for SoC Synthesis / V. Hahanov, E. Litvinova, Wajeb Gharibi, Murad Ali Abbas // Parallel and cloud computing. – 2012. – Vol. 1, № 1. – P. 16–20.
11. Qubit Model for solving the coverage problem / V. Hahanov, E. Litvinova, S. Chumachenko et al. // Proc. of 10th East-West Design & Test Symposium, September 14–17, 2012, Kharkov, Ukraine. – Kharkov, 2012. – P. 142–144.
12. Чжен Г. Диагностика отказов цифровых вычислительных систем / Г. Чжен, Е. Мэннинг, Г. Метц. – М. : Мир, 1972. – 230 с.
13. Koal T. A comprehensive scheme for logic self repair / T. Koal, D. Scheit, H. T. Vierhaus // Proceedings of the IEEE Conf. on Signal Processing Algorithms, Architectures, Arrangements, and Applications, September 24–26, 2009, Poznan, Poland. – Poznan, 2009. – P. 13-18.

TABA Method for Diagnosing SoC HDL-model

V. Hahanov

Abstract — This article describes the technology for SoC HDL-model diagnosis, based on additional Transaction Level Test Assertion Blocks Activated Graph (TABAG). Diagnosis method is focused to decrease: the time of faulty HDL-blocks detection, and memory for storage of Test Assertions Blocks Activated Matrix (TABAM) for the large hardware designs. The following problems are solved: creation of additional HDL assertion model in the form of transaction level graph; designing faulty HDL-blocks detection table, as ternary matrix for activating functional HDL-components by using the selected set of assertions and test patterns; developing the metrics of diagnosability assessment for Assertion based diagnosis HDL-model; developing a method for assertion based analysis the activation matrix to diagnose the faulty blocks with given depth of HDL-code statement set. The developed models, and method of assertion based diagnosis partially implemented in the design verification infrastructure of Aldec's product Riviera.

Keywords – assertion based diagnosis; transaction level assertion graph; test assertion block activated matrix; SoC HDL model.

1. State of the assertion based verification

Technology testing and verification of software HDL-code and hardware components of a digital system on a chip mutually enriched to create: 1) scalable verification environment [1] and 2) embedded SoC IP-Infrastructure [2,3]. The ultimate goal of the both design redundancies is fast, and accurate diagnosis of faulty HDL-blocks and correction of bugs. To achieve this goal, there are practical solutions that are aimed at the partial automation of testing and verification HDL-code blocks without specifying types of functional errors (faults) [4,8,14]. This makes it possible to significantly reduce the amount of diagnostic information. Numerous other published decisions are related to the avoiding time consuming debugging tools, and it is shown the transition to the assertion based-verification [5-13]. The basic idea of the mentioned publications is that assertion based verification successfully solves many practical problems of design testing, namely: 1) Observation in time of essential variables, when HDL-code is testing [1-3]. 2) The automatic control of verification process to reduce the time of diagnosis of functional errors [1-3]. 3) Minimizing testbench by optimal placement of assertion statements in the design HDL-code body [7,12]. 4) Increasing the diagnosis depth of faulty HDL-blocks by inserting additional assertions [4,14-16,18]. 5) Leveraging the assertion mechanism at different (system, transaction, RT) levels of digital design descriptions [5,11-13]. 6) Automatic generation of smart assertion in time and space of the design verification process to increase the diagnosis quality [7,8]. 7) Creating a smart infrastructure of assertion based verification, diagnosis and automatic error correction of SoC HDL-code [7,9,12]. 8) Language services.

Because of large design appearance, verification is becoming more and more complex, where the specification written in English, design written in HDL (typically Verilog/VHDL) and the verification models-written in HDL or some proprietary verification language: System Verilog, SystemC, Superlog, PSL-Sugar, OVA and OVL [6,8]. 9) Transaction level assertions [5,12,13] are the attractive way to create transaction driven verification (TDV) environment and a design under verification (DUV) using SVA. In a conventional class based transaction driven verification environment (example OVM, UVM), System Verilog [19,20] temporal assertions are possible only in design elements like module. For modeling system level assertions, transactions are needed to pass from the class environment to module/program block where the assertions are implemented. One of the proposed idea is doing transaction level assertions by exploiting the concept of method ports and System Verilog scoping rules. 10) Considering the state of current trends in the field of testing and verification of SoC HDL-models, further market attractive goal and problems of the proposed research oriented for assertion based diagnosis of the faulty HDL-code blocks are formulated.

The main goal is a significant reduction of the designing time to market and increase the yield by creating verification infrastructure of SoC HDL-code based on the transaction level assertion graph that can improve the diagnosis depth of faulty HDL-code blocks.

Solving problems are: 1) Developing transaction level assertion graph of SoC HDL-code through based on leveraging simulation tools. 2) Creation of the matrix model of TABA-graph for diagnosing faulty blocks of the SoC HDL-model. 3) Development of metric units of diagnosability assessment for TABA-graph or TABA-matrix [18]. 4) The creation assertion based diagnosis algorithm of faulty HDL-code blocks by using SoC HDL-hierarchical model. 5) Implementation of the developed models and algorithm into testing and verification infrastructure of Aldec product Riviera [17], which enables the ultimate testbench productivity, reusability, and automation by combining the high-performance simulation engine, advanced diagnosing at different levels of abstraction, and support for the latest Language and Verification Library Standards.

2. TABA-model for diagnosis faulty HDL-blocks

The first purpose is to develop transaction level Tests – Assertions – Blocks Activated (TABA) matrix model and diagnosis algorithm to decrease the time of project testing and memory for storage ternary relations (test – monitor or assertion – functional component or blocks) in a single table. The subjects are: 1) development of digital system HDL-model in the form of a transaction level graph for diagnosing functional blocks by using assertion set [1,4,5,15,16]; 2) development of method for analyzing TABA-matrix to detect minimal set of fault blocks [15-16]; 3) Synthesis of logic functions for embedded faulty blocks diagnosis procedure [15].

Model for testing a digital system HDL-code is represented by the following xor-relation between the parameters <test – gold functionality – faulty blocks B*>:

$$T \oplus B \oplus B^* = 0; B^* = T \oplus B = \{T \times A\} \oplus B,$$

which transformed the relationship of the components in the TABA-matrix:

$$M = \{\{T \times A\} \times \{B\}\}, M_{ij} = (T \times A)_i \oplus B_j.$$

Here, the coordinate of the matrix is equal to 1, if the pair test–monitor $(T \times A)_i$ detects or activates some faults of the functional block $B_j \in B$.

An analytical model for verification by using a temporal assertion (additional observation statements or code lines) is focused to achieve the specified diagnosis depth and presented as follows:

$$\Omega = f(G, A, B, S, T),\ G = (A * B) \times S; S = f(T, B);$$
$$A = \{A_1, A_2, ..., A_i, ..., A_h\};\ B = \{B_1, B_2, ..., B_i, ..., B_n\};$$
$$S = \{S_1, S_2, ..., S_i, ..., S_m\};\ T = \{T_1, T_2, ..., T_i, ..., T_k\}.$$

Here $G = (A * B) \times S$ is functionality, represented by structural Code-Flow Transaction (CFT) Graph (. 1); $S = \{S_1, S_2, ..., S_i, ..., S_m\}$ are nodes represented by software variables states when simulating test segments (patterns). Otherwise the graph can be considered as a TABA-graph. Each state $S_i = \{S_{i1}, S_{i2}, ..., S_{ij}, ..., S_{ip}\}$ is determined by the values of design variables (Boolean, registers, memory). The graph arcs are represented by a set of software blocks:

$$B = \{B_1, B_2, ..., B_i, ..., B_n\}; \bigcup_{i=1}^{n} B_i = B; B_i \bigcap_{i \neq j} B_j = \varnothing.$$

The assertion $A_i \in A = \{A_1, A_2, ..., A_i, ..., A_n\}$ can be inserted into the end of each block B_i – a sequence of code statements which determines the state of the graph node $S_i = f(T, B_i)$ depending on the test pattern $T = \{T_1, T_2, ..., T_i, ..., T_k\}$. The monitor, uniting an assertions of incoming arcs $A(S_i) = A_{i1} \vee A_{i2} \vee ... \vee A_{ij} \vee ... \vee A_{iq}$ can be put on each node.

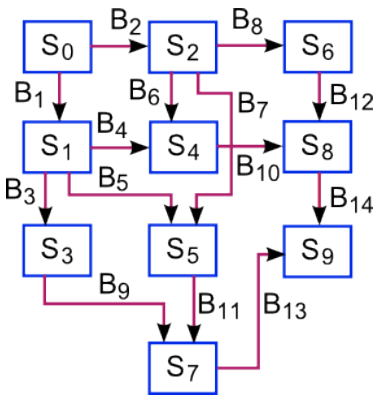


Fig. 1. Example of TABA-graph for HDL-code

The model of HDL-code, represented in the form of TABA-graph, describes not only software structure, but also test segments of the functional coverage, generated by using software blocks, incoming to the given node. The last one defines the relationship between achieved on the test variable space and potential one, which

forms the functional coverage of graph node state $Q = \mathrm{card}S_i^r / \mathrm{card}S_i^p$. In the aggregate all nodes have to be full state coverage space of software variables, which determines the test quality, equal to 100%: $Q = \mathrm{card}\bigcup_{i=1}^{m} S_i^r / \mathrm{card}\bigcup_{i=1}^{m} S_i^p = 1$. Furthermore, the assertion set $<A,S>$ that exists in the graph, allows monitoring arcs (code-coverage) $B = (B_1, B_2, ..., B_i, ..., B_n)$ and nodes (functional coverage) $S = \{S_1, S_2, ..., S_i, ..., S_m\}$. The assertions on arcs $B_i \in B$ are designed for diagnosis of the functional failures in software blocks. The assertions on graph nodes $s_i \in S$ carry information about the quality of test and assertion set for their improvement or complement. The TABA-graph makes possible the following: 1) to estimate the software quality via diagnosability design; 2) to minimize the costs for generating tests, diagnosing and correcting the functional failures by using assertions; 3) to optimize test synthesis via coverage all arcs and nodes by a minimum set of activated test paths.

For diagnosing, test segments $T = \{T_1, T_2, ..., T_r, ..., T_k\}$ activate transaction paths in the graph model covered all nodes and arcs. Generally, the testing model is represented by the Cartesian product $M = T \times A \times B$ that accordingly has the dimension $Q = k \times h \times n$. To reduce the amount of diagnostic data, separate monitor or assertion point for visualization functional blocks activation is assigned to each test segment. It makes possible to decrease the matrix dimension to $Q = n \times k$ and retain all features of the triad relationship $M = < T \times A \times B >$. Pair «test – monitor» are represented by three possible forms:

$$< T_i \rightarrow A_j >, < \{T_i, T_r\} \rightarrow A_j >, < \{T_i\} \rightarrow \{A_j, A_s\} >.$$

The method for diagnosis of functional block failure uses pre-built TABA-matrix (table) $M = [M_{ij}]$, where the row is the relation between the test segment and a subset of activated blocks $T_i \rightarrow A_j \approx (M_{i1}, M_{i2}, ..., M_{ij}, ..., M_{in}), M_{ij} = \{0,1\}$,

observed by the monitor A_j. Column of the table describes the relation between the functional blocks, detected on test segments, relatively monitors $M_j = B_j(T_j, A_j)$.

For faulty blocks diagnosis at the testing procedure, the real assertion response (vector) $A^* = (A_1^*, A_2^*, ..., A_i^*, ..., A_n^*)$ on the test pattern T is determined, by forming $A_i^* = f(T_i, B_i)$. Detecting faulty functional blocks is based on xor-operation between the real assertion response vector and TABA-matrix columns $A^* \oplus [M_1(B_1) \vee M_2(B_2) \vee ... \vee M_j(B_j) \vee ... \vee M_n(B_n)]$.

The faulty block is defined by a vector B_j, which gives result with minimal number of 1-unit coordinates:

$$B = \min_{j=\overline{1,n}} [B_j = \sum_{i=1}^{h} (B_{ij} \oplus A_i^*)].$$

As an addition to the diagnosis model, it is necessary to describe the following important features of the TABA-matrix:

$$1)\ M_i = (T_i \times A_j); \quad 2)\ \bigvee_{i=1}^{m} M_{ij} \to \forall_{j=1}^{n} M_j = 1;$$

$$3)\ M_{ij} \bigoplus_{j=1}^{n} M_{rj} \neq M_{ij}; \quad 4)\ M_{ij} \bigoplus_{i=1}^{k} M_{ir} \neq M_{ij};$$

$$5)\ \log_2 n \leq k \leftrightarrow \log_2 |B| \leq |T|$$

$$6)\ B_j = f(T, A) \to B \oplus T \oplus A = 0.$$

The features mean: 1) Each row of the matrix is a subset of the Cartesian product between test and monitor. 2) Disjunction of all matrix rows gives a vector equal to 1-unit over the all coordinates. 3) All matrix rows are distinct, which eliminates the test redundancy. 4) All matrix columns are distinct, which exclude the existence of equivalent faulty blocks. 5) The number of matrix rows must be greater than the binary logarithm of the number of columns that determines the potential diagnosability of every block. 6) The diagnosis function of every block depends on the complete test and monitors, which must be minimized without diagnosability reduction. In accordance with 6 test segments there are 6 activated graph node paths relatively assertion point S9:

$$T = S_0S_1S_3S_7S_9 \vee S_0S_1S_4S_8S_9 \vee S_0S_1S_5S_7S_9 \vee$$
$$\vee S_0S_2S_4S_8S_9 \vee S_0S_2S_5S_7S_9 \vee S_0S_2S_6S_8S_9.$$

It will be easy using graph structure to define all functional block paths (oriented arcs) activated by the test:

$$B = B_1B_3B_9B_{13} \vee B_2B_7B_{11}B_{13} \vee B_1B_5B_{11}B_{13} \vee$$
$$\vee B_1B_4B_{10}B_{14} \vee B_2B_6B_{10}B_{14} \vee B_2B_8B_{12}B_{14}.$$

The assertions $\{A_9 \subseteq S_9, A_3 \subseteq S_3, A_6 \subseteq S_6\}$ can divide all blocks into 3 groups of components, which create logical equations for monitoring HDL-code blocks:

$$A_9 = T_1(B_1B_3B_9B_{13}) \vee T_2(B_2B_7B_{11}B_{13}) \vee T_3(B_1B_5B_{11}B_{13}) \vee$$
$$\vee T_4(B_1B_4B_{10}B_{14}) \vee T_5(B_2B_6B_{10}B_{14}) \vee T_6(B_2B_8B_{12}B_{14});$$
$$A_3 = T_1(B_1B_3); A_6 = T_6(B_2B_8).$$

The next step allows creating 6 rows of TABA-matrix $M_{ij}(G_1)$ in the form of relations between test segments and blocks activated respectively. The mentioned TABA-matrix shows the existence of equivalent failure blocks 3 and 9, 8 and 12, on 6 test segments with one assertion point in the graph node 9. The columns 3 and 9, 8 and 12 are equivalent. To resolve indistinguishability of two pair faulty blocks it is necessary to create two additional monitors in the nodes S3 and S6 for test segments T1 and T6 respectively. As a result, three assertions in the nodes

$A = (S_9, S_3, S_6)$ allow distinguishing all faulty blocks of software HDL-code. Thus, the graph enables not only to synthesize the optimal test, but also to determine the minimal number of assertion monitors in the nodes to detect faulty blocks with a given diagnosis depth.

$M_{ij}(G_1)$	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}	B_{11}	B_{12}	B_{13}	B_{14}
$T_1 \to S_9$	1	.	1	.	.	.	.	.	1	.	.	.	1	.
$T_2 \to S_9$	1	.	.	1	.	.	.	.	.	1	.	.	.	1
$T_3 \to S_9$	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1	.	1	.
$T_4 \to S_9$	.	1	.	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	1
$T_5 \to S_9$	.	1	.	.	.	.	1	.	.	.	1	.	1	.
$T_6 \to S_9$	.	1	.	.	.	.	.	1	.	.	.	1	.	1
$T_1 \to S_3$	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
$T_6 \to S_6$	.	1	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.

Using the created matrix, the diagnosis procedure can be defined by the following equation of vector xor-operation between real 8 assertion values and the B-columns:

$$\{[A_9(T_1,T_2,T_3,T_4,T_5,T_6), A_3(T_1), A_6(T_6)] \oplus B_j = 0\} \to (B_j - \text{failed}).$$

3. Design for diagnosability

Diagnosability is the relationship $D = N_d / N$ between the recognized faulty blocks amount N_d, (when there are not equivalent components, or the diagnosis depth is equal to 1), and the total number N of HDL-blocks.

For the expense E evaluation of the TAB-matrix model for detecting functional failures, it can use the pair test-assertions efficiency for a given diagnosis depth. Criterion E functionally depends on the relation between the ideal $]\log_2 N[\times N$ and real $|T| \times |A| \times N$ memory sizes or resources (where $|T|$ – the test length, $|A|$ – a number of assertions) for the corresponding TABA-matrices, which compose the relative expense reduced to 0-1 intervals:

$$E = \frac{]\log_2 N[\times N}{|T| \times |A| \times N} = \frac{]\log_2 N[}{|T| \times |A|}.$$

The general diagnosis quality criterion depends on expense E and diagnosability D:

$$Q = E \times D = \frac{]\log_2 N[}{|T| \times |A|} \times \frac{N_d}{N}.$$

For instance, the diagnosis quality of the TABA-matrix $M_{ij}(G_1)$ before and after adding two rows equal to

$$Q_1[M(6 \times 1 \times 14)] = \frac{]\log_2 14[}{|6| \times |1|} \times \frac{10}{14} = 0{,}47;$$

$$Q_2[M(8 \times 1 \times 14)] = \frac{]\log_2 14[}{|8| \times |1|} \times \frac{14}{14} = 0{,}5.$$

It means, the first matrix dimension is a little bit less than the second, but diagnosability is a better in the second variant of matrix, which becomes the winner of the whole. Comparing to the well-known solutions [12], when every cell of a matrix contains all existing assertions $|M_{ij}| = |A|$ the second version evaluates the following low value:

$$Q_2[M(6 \times 3 \times 14)] = \frac{]\log_2 14[}{|6| \times |3|} \times \frac{14}{14} = 0{,}2.$$

So, the TABA-matrix operating by the selected pair test-assertion concurrently allows having the essential advantages in memory size reducing in $|A| - 1$ times with the same diagnosability value. The TABA-matrix diagnosis quality is the ratio of the bit number needed for identification (recognition) of all blocks $]\log_2 N[$ related to the real number of code bits, presented by the product of test length and number of assertions $|T| \times |A|$. If the first part E of quality criterion Q is equal to 1 and every block with functional failures is recognized in the field of the rest components $N_d = N$, it means a test and assertions are optimal, that gives the best quality criterion of diagnosis model Q=1. The purpose of the TABA-graph analysis is structured evaluation of assertion monitor placement, which make possible to obtain maximal diagnosis depth of faulty blocks. Diagnosability of the TABA-graph is a function depending on the number N_n of transit not ended nodes where exist only two adjacent arcs, one of which is incoming, other one is outgoing. Such arcs form paths though the node without fan-in and fan-out branches (N is the total arcs number in the graph): $D = (N\text{-}N_n)/N$. The estimation N_n is the number of unrecognizable or equivalent functional blocks. Potential installation of additional monitors for improving diagnosability of failure blocks is pure transit nodes composed N_n. The diagnosis quality criterion of the TABA-graph takes the form:

$$Q = E \times D = \frac{]\log_2 N[}{|T| \times |A|} \times \frac{N - N_n}{N}.$$

The last expression produces some practical rules for synthesis of diagnosable HDL-code: 1) Test or testbench must create a minimal number of single activation paths, covered all the nodes and arcs in the TABA-graph. 2) The base number of monitors equals to the end node number of the graph with no outgoing arcs. 3) An additional monitor can be placed on each not ended node, which has one incoming and one outgoing arc. 4) Parallel independent code blocks must have n monitors and a single concurrent test, or one integrated monitor and n serial tests. 5) Serially connected blocks have one activation test for serial path and n-1 monitor, or n tests and n monitors. 6) The graph nodes, which have more than 1 number of input and output arcs, create good conditions for the diagnosability of the current section by single path activation tests without installation additional monitors. 7) The test pattern or testbench has to be 100% functional coverage for the nodes of the TABA-graph. 8) Diagnosis quality criterion as a function depending on the graph structure, test and assertion monitors can always be increased close to the 1-value.

For this purpose there are two alternative ways. The first one is increasing test segments by activating new paths for recognition equivalent faulty blocks without increasing assertions, if the software graph structure allows the potential links. The second way is adding assertion monitors on transit nodes of the graph. A third so called hybrid variant is possible, based on the joint application of two above-mentioned ways.

4. Diagnosis method of hw-sw system

Hierarchical model in the form of multi-tree B is represented by software or hardware system component, which has a three-dimensional activation TABA-matrix of functional unit subcomponents. The outcoming arcs from the node are transitioning to a lower detailed level in diagnosing process, when replacing faulty block is too expensive:

$$B = [B_{ij}^{rs}],\ \mathrm{card}B = \sum_{r=1}^{n} \sum_{s=1}^{m_r} \sum_{i=1}^{p_{rs}} \sum_{j=1}^{k_{rs}} B_{ij}^{rs},$$

where n is a number of diagnosis multi-tree levels; m_r is a number of functional units or components at the level r; k_{rs} (p_{rs}) is a number of components (test length) in the table B^{rs}; $B_{ij}^{rs} = \{0,1\}$ is a component of an activation table, which is defined by 1-unit the detected faulty functionality under the test segment $T_{i\text{-}A_i}$ relatively to the observed monitor-assertion A_i. Each node-table has the number of outcoming down arcs equal to the number of functional components, which are represented by activation TABA-matrixes as well.

Method for faulty blocks diagnosis of the HS-system, based on multi-tree model, allows creating the universal engine in form of algorithm (Fig. 2, block 6) for traversal of tree branches on the depth, specified a priory:

$$B_{j}^{rs} \oplus A^{rs} = \begin{cases} 0 \rightarrow \{B_{j}^{r+1,s}, R\}; \\ 1 \rightarrow \{B_{j+1,}^{rs}, T\}. \end{cases}$$

Here xor-vector-operation is executing the matrix columns with the assertion (output) response vector A^{rs}, which is determined by the real (m) and gold (g) functionality responses under test patterns based on xor-operation: $A_i^{rs} = m_i^{rs} \oplus g_i^{rs},\ i = \overline{1,k_{rs}}$. If all coordinates of the vector xor-sum $B_j^{rs} \oplus A^{rs} = 0$ is equal to zero then one of the following action is performed: the transition to the activation matrix of the lower level $B_j^{r+1,s}$ or repair of the functional block $B = B_j^{rs}$. One of two analysis ways is executed, what is the most important: 1) the time (t>m, block 10) – then repair of faulty block is performed; 2) the money (t<m) – than a transition down is specify more exact fault location, because replacement of smaller block decreases the repair cost. If at least one coordinate of the resulting

xor-sum vector is equal to one $B_j^{rs} \oplus A^{rs} = 1$, then transition to the next matrix column is performed. When all coordinates of the assertion vector are equal to zero $A^{1s} = 0$, fault-free state of a HS-system is defined. If all vector sums by executing TABA-matrix column are not equal to zero $B_j^{rs} \oplus A^{rs} \neq 0$, it means a test, generated for detecting the given component of functionality has to be corrected. If more than one vector sum obtained by executing TABA-matrix column are equal to zero $B_j^{rs} \oplus A^{rs} = 0$, it means an assertion engine, created for detecting the given component of functionality on the represented test has to be supplemented an extra assertion monitor. So, the TABA-engine has four end-nodes, where one of them is B-good which indicates successful finishing of the testing. Another three means the intermediate results in the test process, which is necessary to take into account for the increasing a test quality and diagnosis depth by using extra assertions and/or additional test segment generation. Thus, the multi-tree B allows realizing efficient infrastructure IP for the complex HW-SW systems. The advantages of the TABA-engine, which is invariant to the hierarchical levels, are the simplicity of preparation and presentation of diagnostic information in the form of activation table of functional blocks on the test segments.

Practical implementation of models and verification methods is integrated into the simulation environment Riviera of Aldec Inc., Fig. 3. New assertion and diagnosis modules, added into the system, improved the existing verification process, which allowed 15% reduces the design time of digital device. Actually, application of assertions makes possible to decrease the length of test-bench code and considerably reduce (x3) the design time (Fig. 4), which is the most expensive. Assertion engine allows increasing the diagnosis depth of functional failures in software blocks up to level 10-20 HDL-code statements. Due to the interaction of simulation tools and assertion engine, automatically placed inside the HDL-code, an access of diagnosis tools to the values of all internal signals is appeared. This allows quickly identifying the location and type of the functional failure, as well as reduce the time of error detection in the evolution of product with top-down design. Application of assertion for 50 real-life designs (from 5 thousand up to 5 million gates) allowed obtaining hundreds of dedicated solutions, included in the verification template library VTL, which generalizes the most popular on the EDA market temporal verification limitations for the broad class of digital products. Software implementation of the proposed system for analyzing assertions and diagnosing HDL-code is part of a multifunctional integrated environment Aldec Riviera for simulation and verification of HDL-models.

High performance and technological combination of assertion analysis system and HDL-simulator of Aldec Company is largely achieved through integration with the internal simulator components, including HDL-language compilers. Processing the results of the assertion analysis system is provided by a set of visual tools of the Riviera environment to facilitate the diagnosis and removal of functional failures. The assertion analysis model can also be implemented in hardware with certain

constraints on a subset of the supported language structures. Products Riviera including the components of assertion temporal verification, which allow improved the design quality for 3-5%, currently, occupies a leading position in the world IT market with the number of system installations of 5,000 a year in 200 companies and universities in more than 20 countries.

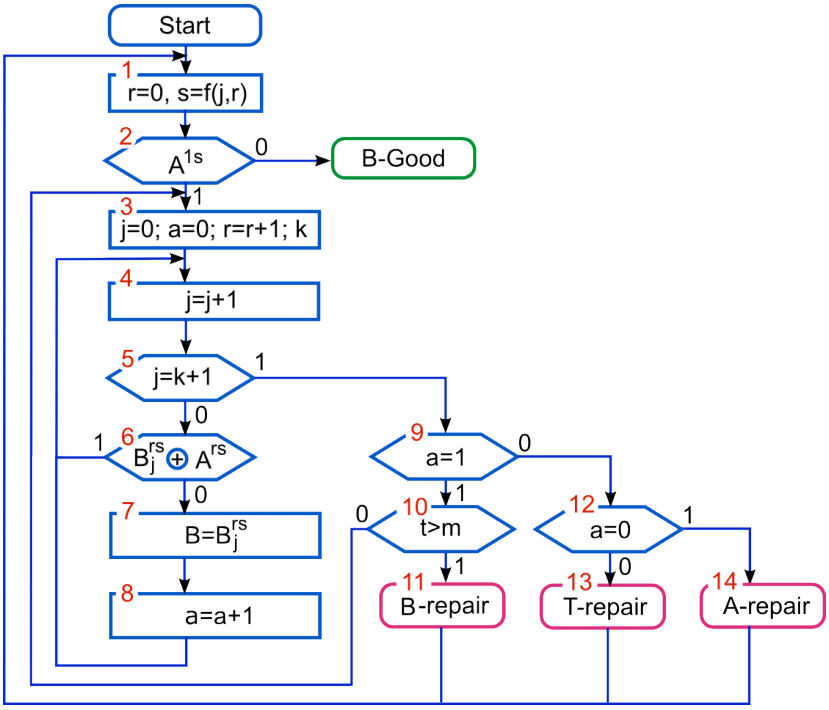


Fig. 2. Engine for traversal of diagnosis multitree

5. Conclusion

1. Infrastructure and technology for HDL code analysis are presented. Proposed transaction TABA-graph as extra created model to design functionality and assertion based verification method for diagnosis of digital systems-on-chips are focused to considerably reducing the time of faulty block detection and memory for storing the diagnosis compact TABA-matrix describing ternary relations in format: the monitor-oriented test-segments which detect faulty HDL-blocks of SoC.

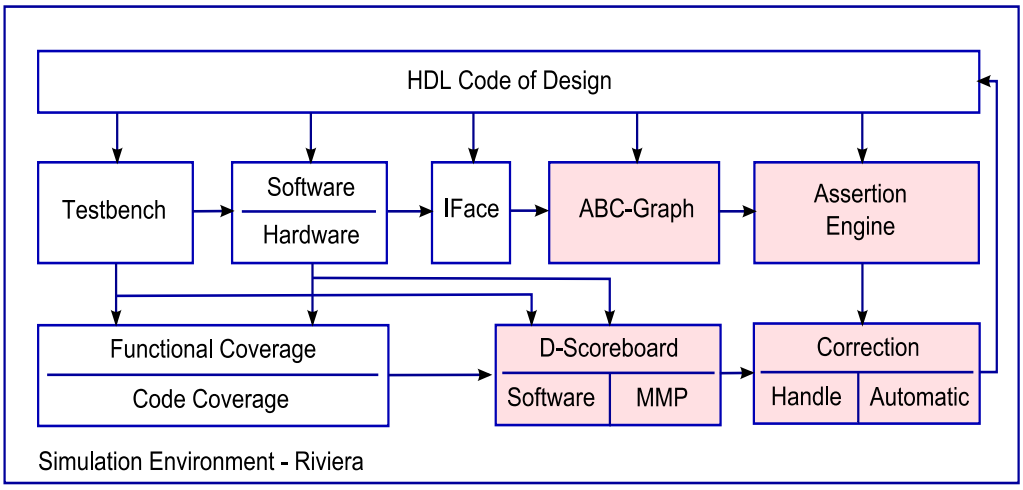


Fig. 3. Implementation of results in the system Riviera

2. New diagnosis quality criterion as a function depending on the graph structure, test, and assertion monitors is proposed. For this purpose there are two alternative ways, which allows making good choices in diagnosability improving by increasing test segments set for recognition equivalent faulty blocks or adding assertion monitors on transit nodes of the activated HDL-blocks of TABA-graph.

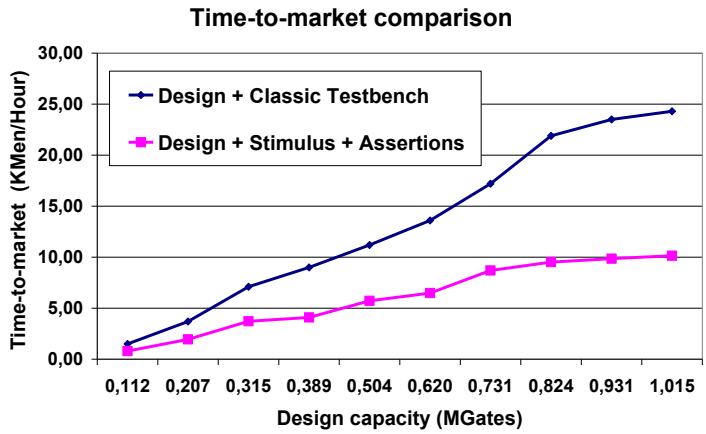


Fig. 4. Analysis of verification methods

3. An improved TABA-engine or algorithm for faulty blocks detection in the HDL-code is proposed. It is characterized by using the xor-operation, which makes possible to improve the diagnosis performance for single and multiple faulty blocks on the basis of parallel analysis of the TABA-matrix, and leveraging vector (and, or, xor) operations.

4. A model for diagnosing the functionality of SoC HDL-code in the form of multi-tree and method for tree traversal, implemented in the engine for detecting faulty blocks with given depth, are developed. It considerably increases the performance of testing and diagnosis infrastructure.

5. Assertion based verification and diagnosis method is performed by three real case studies, presented by SoC HDL blocks of a cosine transform filter, which showed the consistency of the results in order to minimize the time of faulty blocks detection and memory for storing diagnostic information, as well as increase the diagnosis depth of SoC HDL blocks.

6. Practical implementation of assertion based verification and diagnosis method is able to: improve the quality of HDL-code design on 3%, reduce the time of verification on 15%, and to enlarge the diagnosis depth at 30% without increasing the test set.

7. The further investigations are connected with automatic generation: 1) TABA-graph and –matrix, 2) placement of assertion monitors into minimal nodes of a transaction level graph, 3) diagnosis and correcting faults in HDL-blocks automatically. Forming the assertion based verification environment as a Cyber Physical Systen on a Cloud.

References:

[1] Bergeron Janick. Writing Testbenches Using System Verilog / Bergeron Janick. – Norwell, MA : Springer, 2006.

[2] IEEE Standard 1500 Compliance Verification for Embedded Cores / A. Benso, S. Di Carlo, P. Prinetto, Y. Zorian // IEEE TRANSACTIONS ON VERY LARGE SCALE INTEGRATION (VLSI) SYSTEMS. – 2008. – Vol. 16, № 4. – P. 397–407.

[3] A case study on logic diagnosis for System-on-Chip / Y. Benabboud, A. Bosio, P. Girard et al. // Proceedings of the Tenth International Symposium on Quality of Electronic Design (ISQED 2009), March 16–18, 2009, San Jose, CA. – IEEE, 2009. – P. 253–259.

[4] Ubar R. Block-Level Fault Model-Free Debug and Diagnosis in Digital Systems / R. Ubar, S. Kostin, J. Raik // Proceedings of the 12th Euromicro Conference on Digital System Design, Architectures, Methods and Tools (DSD'09), August 27–29, Patras, Greece. – IEEE, 2009. – P. 229–232.

[5] Sohofi H. Assertion-based verification for system-level designs / H. Sohofi, Z. Navabi // Proceedings of the 15th International Symposium on Quality Electronic Design (ISQED), March 3–5, 2014, Santa Clara, CA, USA. – IEEE, 2014. – P. 582–588.

[6] Datta K. Assertion based verification using HDVL / K. Datta, P. P. Das // Proceedings of the 17th International Conference on VLSI Design (VLSID). – 2004. – P. 319–325.

[7] Automatic generation of assertions from system level design using data mining / Liu Lingyi, D. Sheridan, V. Athavale, S. Vasudevan // Proceedings of the 9th IEEE/ACM International Conference on Formal Methods and Models for Codesign, MEMOCODE 2011, July 11–13, 2011, Cambridge, UK. – IEEE, 2011. – P. 191–200.

[8] Piccolboni L. Simplified stimuli generation for scenario and assertion based verification / L. Piccolboni, G. Pravadelli // Proceedings of the 15th Latin American Test Workshop (LATW), March 12–15, 2014, Fortaleza, Brazil. – IEEE, 2014. – P. 1–6.

[9] Enabling dynamic assertion-based verification of embedded software through model-driven design / G. Di Guglielmo, L. Di Guglielmo, F. Fummi, G. Pravadelli // Design, Automation & Test in Europe Conference & Exhibition (DATE 2012), March 12–16, 2012, Dresden, Germany. – Dresden, 2012. – P. 212–217.

[10] SOC HW/SW co-verification technology for application of FPGA test and diagnosis / A. W. Ruan, Y. Wang, K. Shi et al. // Proceedings of the IEEE International Conference on Computational Problem-Solving (ICCP), Oct. 21–23, 2011, Chengdu, China. – IEEE, 2011. – P. 1–6.

[11] On the reuse of RTL assertions in SystemC TLM verification / N. Bombieri, F. Fummi, V. Guarnieri et al. // Proceedings of the 15th Latin American Test Workshop (LATW), March 12–15, 2014, Fortaleza, Brazil. – IEEE, 2014. – P. 1–6.

[12] Naveen Sudhish. An efficient method for using transaction level assertions in a class based verification envioremnt / Naveen Sudhish, Raghavendra BR, Harish

Yagain // Proceedings of the International Symposium on Electronic System Design, December 19–21, 2011, Cochin, Kerala, India. – IEEE, 2011. – P. 72–76.

[13] Niemann B. Assertion based verification of transaction level models / B. Niemann, C. Haubelt // Proceedings of the 9th ITG/GI/GMM Workshop "Methoden und Beschreibungssprachen zur Modellierung und Verifikation von Schaltungen und Systemen", February 2006, Dresden, Germany. – Dresden, 2006. – P. 232–236.

[14] Built-in self-diagnosis targeting arbitrary defects with partial pseudo-exhaustive test /A. Cook, S. Hellebrand, M. E. Imhof et al. // Proceedings of the 13th Latin American Test Workshop (LATW), April 10–13, 2012, Quito, Ecuador. – IEEE, 2012. – P. 1–4.

[15] Design and Verification of digital systems on a chip / V. I. Hahanov, I. V. Hahanova, E. I. Litvinova, O. A. Guz. – Kharkov : Novoye Slovo, 2010.

[16] A diagnostic model for detecting functional violation in HDL-code of SoC / Ngene Christopher Umerah, V. Hahanov // Proc. of the IEEE East-West Design and Test Symposium, September 19–20, 2011. – Sevastopol, 2011. – P. 299–302.

[17] Riviera-PRO. Functional Verification. [Electronic resource]. – Access mode : www. URL: https://www.aldec.com/en/products/functional_verification/riviera-pro.

[18] Logical associative multiprocessor structure / M. F. Bondarenko, V. I. Hahanov, E. I. Litvinova // Automation and Remote Control. – 2012. – Vol. 73, № 10. – P. 1648–1666.

[19] Chris Spear. SystemVerilog for Verification: A Guide to Learning the Testbench Language Features / Chris Spear. – Springer, 2006. – 326 p.

Universal Verification Methodology (UVM) 1.1. User's Guide. – Accellera, 2011. – 190 p.

Зеленому городу – зеленый европейский университет!

Владимир Хаханов

«Зеленый» университет – это социальный климат уважительного и достойного отношения со стороны руководства к студентам, ученым, преподавателям и сотрудникам. ХНУРЭ сегодня имеет международный рейтинг, историю, традиции, достойные кадры, научные и образовательные школы и хорошо развитую инфраструктуру. Мы можем, соответствуя нашему прекрасному городу – научному и индустриальному центру Украины создать европейский университет за 4 года, когда к нам будут поступать лучшие абитуриенты, в том числе из развитых европейских стран! Имея 10-летний опыт работы в должности декана факультета Компьютерной инженерии, занимаясь наукой и международной деятельностью, мне удалось посетить более сотни университетов в десятках развитых стран мира и взять на вооружение позитивный менеджмент от ведущих европейских и американских высших школ.

Каждый из нас, выбирая ректора, планирует иметь собственное счастливое будущее. Моя цель – не власть и деньги, а создание демократической социальной инфраструктуры, дающей свободу слова и творчества ученым и сотрудникам. Мое стремление быть в руководстве университета пропорционально желанию и планам коллектива создать европейский вуз с современным системным управлением, основанным на стимулировании конструктивной активности сотрудников путем достойного морального и материального поощрения. Мои ценности: человек, его честь и достоинство в новом европейском университете! Любые выборы – это, как правило, борьба за власть ради денег, когда на смену одним приходят другие с такими же целями! Моя цель – это новый демократический системный менеджмент на благо людей, инвариантный по отношению к очередному ректору. Верю, что наш тезис сегодня – «Перемен, мы ждем перемен!». Нам нужно выбрать правильное управление по Аристотелю: «на благо всех», но не «на благо одних за счет других». Построить в коллективе новые отношения восхищения и гордости успехами и заслугами коллег и ученых! Никакие внешние, даже очень влиятельные силы, не помогут нам сделать перестройку. Но они и не должны нам помешать! Мы обязательно сделаем все сами.

Университет как привлекательная для студентов образовательная система определяется тремя компонентами: кадры, инфраструктура и управление. Чего нам не хватает для перехода в разряд европейских университетов? Действительно, мы имеем великолепные ресурсы в виде двух первых компонентов. Наша проблема сегодня – система управления, которая в любой

успешной компании мира является самым важным и секретным ключевым звеном, открывающим тайну успеха на рынке. Мы все уверены, что университет имеет достойные кадры для выбора профессиональной группы первых руководителей: ректора и проректоров, способных поднять образовательные услуги и научные исследования до уровня ведущих европейских вузов.

Системное управление – наш иммунитет от субъективизма

Сегодня мы имеем реальный шанс создать системное управление на основе тезиса из Устава высшей школы: «Керівник вищого навчального закладу відповідно до статуту може делегувати частину своїх повноважень своїм заступникам та керівникам структурних підрозділів»:

1) Децентрализация власти ректора путем делегирования полномочий проректорам, деканам и заведующим кафедрами в части подписания документов, администрирования вопросов науки, образования, международной деятельности и распределения зарабатываемых ими финансовых ресурсов. Количество разрешающих и ознакомительных подписей руководителей подразделений должно быть сведено к минимуму и принципу разумной достаточности.

2) Команда проректоров (деканов, руководителей кафедр) – это ученые и менеджеры, заслужившие высший рейтинг доверия коллектива и способные консолидировать всех сотрудников на создание европейского университета.

3) Финансовая самостоятельность деканов и руководителей кафедр означает оперативное и своевременное решение всех вопросов повышения качества кадров и инфраструктуры подразделений, обеспечивающих научную и образовательную деятельность университета. Декан не только доводит до сотрудников руководящие указания сверху, но облеченный доверием коллектива, он отстаивает и защищает интересы подразделений факультета перед руководством университета. Все надбавки назначаются заведующими кафедрами за научные и образовательные достижения в соответствии с выделенным для каждой кафедры фондом материального поощрения.

4) Сменяемость руководителей. Подготовка и наличие квалифицированного равноценного резерва руководителей всех уровней преимущественно из числа молодых ученых, смена руководящего состава через два срока по 5 лет, что обеспечит эффективность и приток новых талантливых сотрудников в процессы управления и поддержание высокого уровня квалификации ученых и профессоров, ушедших с руководящих должностей.

5) Прозрачное управление финансовыми и кадровыми ресурсами на основе коллегиальности принятия решений и внедрения компьютерной системы распределения бюджета, мониторинга активности ученых и подразделений, исключающей ручное управление потоками бюджетных, контрактных и

договорных денег. Считаю чрезвычайно важным поощрять выражение собственного мнения каждого специалиста в процессе принятия решений. Руководитель может ошибаться. Команда профессионалов - нет!

Технологии системного оперативного управления

1) Сбор информации о научно-образовательной активности подразделений следует доверить заведующим кафедрами, которые перманентно в течение года и в режиме online подают информацию о деятельности кафедры в базу данных университета и несут персональную ответственность за достоверность рейтинговых показателей.

2) Все нормативные документы по формированию штатного расписания, выделению дополнительных ставок должны осуществляться автоматически (без ручного управления проректором) на основании контингента студентов, обучающегося на кафедре, и/или читаемых курсов.

3) Приказы и распоряжения, а также служебные записки распространяются по подразделениям университетов через электронную почту под электронную цифровую подпись руководителя. Каждый руководитель обязан иметь почтовый ящик, оперативно просматривать и отвечать на корреспонденцию, как правило, в течение суток.

4) Состав ректората, в целях существенной экономии времени сотрудников, необходимо сократить до минимально возможного. Все текущие вопросы (успеваемость, посещаемость, трудоустройство), не затрагивающие интересов других подразделений университета, решаются на оперативных совещаниях внутри факультетов. На ректорате рассматриваются проблемные вопросы оперативного управления качеством образования и науки, финансами и кадрами, требующие коллегиального обсуждения и решения в масштабах всех подразделений университета. Следует улучшить качественный состав Ученого совета включением конструктивно мыслящих сотрудников и учащейся молодежи, а также увеличить в два-три раза список участников конференции трудового коллектива. Это позволит уменьшить риск принятия ошибочных решений при рассмотрении стратегических вопросов.

5) Все тактические вопросы повышения качества образовательных услуг и внедрения новых технологий, которые не исходят как приказы от Министерства, должны решаться на горизонтальном уровне, без оформления внутренних приказов и централизованных общих заседаний, путем конструктивного сотрудничества и аргументированного убеждения ученых и преподавателей.

Больше доверять проректорам, деканам, руководителям кафедр и отделов при решении вопросов оперативного управления путем привлечения только соответствующих экспертов! Создать постоянно действующий отдел (5-7 человек) по работе с абитуриентами из профессионально подготовленных

менеджеров по кадрам, маркетингу и публичным отношениям. Во время приемной кампании (июль-август) все деканы и руководители кафедр должны творчески отдыхать! Следует пересмотреть практику дублирования функций Ученого совета университета кадровой комиссией, научно-техническим советом, когда одни и те же ученые дважды обсуждают одни и те же вопросы.

6) Премии руководящему составу, равно как и распределение премий по факультетам и отделам, открыто обсуждаются и утверждаются на ректорате. Парк легковых автомобилей университета должен обслуживать по заявкам всех руководящих работников университета, включая деканов и заведующих кафедрами. Такой опыт существует практически во многих европейских и американских университетах.

7) Ученый и профессор после студента – главная фигура в университете! Именно его должны обслуживать руководители всех уровней и вспомогательные отделы, создавать комфортные условия для научного творчества и образовательного процесса; дружественную атмосферу доверия и уважения, гарантированно и справедливо поощрять каждого персонально, в соответствии с его достижениями и конструктивной активностью. Некоторые параметры рейтингового оценивания подразделений университета сводятся к бумажной активности сотрудников, что, естественно, не может быть позитивно воспринято активными учеными, которые действительно формируют рейтинг университета своими достижениями. Необходимо исключить бумажные показатели активности и деструктивное бумаготворчество, что заставляет ученых уходить в другие университеты. Следует реанимировать практику оплачиваемых командировок ученых и сотрудников, выезжающих на конференции от ведущих научно-технических обществ мира. Многие сотрудники сегодня работают не в полную силу, поскольку самый продуктивный ученый получает такую же зарплату, что и пассивный. Данный менеджмент недопустим для коллектива, где большой конструктивный потенциал целенаправленно поддерживается в анабиозе. Необходимо незамедлительно выплачивать вознаграждения профессорам за защиту диссертаций, написание учебников и монографий, победу в конкурсах и выставках, получение государственных наград и премий, публикацию статей в рейтинговых журналах. Следует обеспечить присвоение почетных званий «Заслуженный деятель науки и техники» всем ученым, руководителям научных школ, имеющим более 15 защищенных кандидатов и/или докторов наук.

8) Отсутствие очередей в кабинетах руководителей есть норма. Большинство вопросов решается в заочном режиме, существенные – на ректорате. Прозрачность и открытость дверей в кабинетах руководителей. Решать

проблемы на основе анализа ситуации, где допущена ошибка, а не искать виновных.

9) Электронная почта – наша технологическая основа оперативного управления университетом, факультетом и кафедрой, исключающая в будущем все бумажные носители. Условия применения: компьютерная и деловая грамотность всех участников системы; доступность электронного адреса в любой точке планеты в формате 24/7; гарантированное получение ответа в течение суток; наличие криптозащиты, цифровых ключей и подписей, если это необходимо; создание сервиса электронной почты на внешнем сервере, доступном через интернет. Преимущества: исключение потери бумажных документов; экономия лесов для производства бумаги и денег на ее закупку; истинно оперативное online управление процессами и кадрами в университете, которое исключает необходимость ежедневных совещаний на уровне университета, факультета и кафедры. Это позволит сохранить десятки тысяч часов в год из временных ресурсов сотрудников для более продуктивного труда, связанного с научной и образовательной деятельностью.

Что такое ректор для коллектива?

1) Некоторые из нас с трудом верят, что сегодня можно сделать университет в революционно короткие сроки европейским как по инфраструктуре, так и по атмосфере. Но я верю в мощный потенциал творческой активности коллектива университета.

2) В плане старых добрых традиций по отношению к учащейся молодежи очень хотелось бы добавить частичку здоровья студентам: сделать в университете автоматы для бесплатного горячего чая, что обойдется нам всего в 100 000 гривен. Ежемесячно организовывать корпоративные обеды для сотрудников с низким уровнем доходов. Студенты ждут от нас реконструкции большого стадиона в форме футбольного трансформера с площадками для баскетбола, волейбола и гимнастики. Нетрудно создать для студентов зеленую крытую рекреативную зону между корпусами, где можно заниматься спортом (настольный теннис, бадминтон), готовиться к занятиям и просто дышать свежим воздухом. Строительство нового научно-образовательного корпуса во дворе университета – актуальная проблема, решение которой существенно улучшит не только имидж нашего университета в Украине, но и качество жизни студентов и сотрудников.

3) Сегодня руководитель – это ученый и профессор, который имеет поддержку коллектива университета; самостоятельно прошел все уровни защиты и аттестации; имеет честь и достоинство, международный и внутренний авторитет в среде профессионалов; способен системно и открыто управлять кадрами, финансами и инфраструктурой для достижения высокого

европейского уровня жизни сотрудников, качества подготовки выпускников, ученых и научно-технической продукции.

4) Выборы ректора. Цена вопроса – кто и как будет управлять бюджетом в 150 миллионов гривен, кто и как будет вершить судьбы более 6000 студентов и 2000 сотрудников университета? Наше будущее – это открытая и прозрачная для всех коллективная и демократическая система управления из компетентных руководителей подразделений, заведующих кафедрами и деканов. Наш выбор – достойная и действительно счастливая жизнь на многие годы вперед, стабильно независимая от очередного руководителя!

Хронологічний покажчик праць
Володимира Івановича Хаханова

1981

Статті

1. Анализ переходных процессов в ТЭЗах малых ЭВМ с использованием моделирующих графов / В. И. Хаханов, Г. Ф. Кривуля, В. П. Немченко // Опыт разработки и применения УВК СМ-1 и СМ-2 и перспективы их развития : тез. докл. всесоюз. конф., Северодонецк. – Москва : ЦНИИТЭИприборостроения, 1981. – С. 71–74.

2. Динамическое тестирование цифровых блоков на основе сигнатурного анализа / Г. Ф. Кривуля, В. И. Хаханов, В. А. Рустинов // Методы и системы технической диагностики. – Саратов, 1981. – Вып. 2. – С. 49–53.

3. Многозначное моделирование цифровых схем на основе графического представления логических элементов / М. Ф. Бондаренко, В. И. Хаханов // Контроль и автоматизированное проектирование монтажа узлов и устройств цифровой аппаратуры : тез. докл. респ. конф. – Каунас : КПИ, 1981. – С. 81–82.

1982

Статті

4. Автоматизированная система диагностического матобеспечения для дискретных устройств / В. И. Хаханов, В. А. Рустинов, А. С. Шкиль //

Диагностика неисправностей устройств релейной защиты и автоматики электрических систем : тез. докл. 2-й респ. науч.-техн. конф. – Жданов : ЖдМИ, 1982. – С. 106–108.

5. Логическое моделирование неисправностей для системы сигнатурного анализа / В. И. Хаханов, В. А. Рустинов // Автоматизированное проектирование радиоэлектронной аппаратуры : тез. докл. респ. науч.-техн. конф. – Каунас : КПИ, 1982. – С. 147–148.

6. Моделирование комбинационных схем в К-значном алфавите средствами алгебры конечных предикатов / М. Ф. Бондаренко, Г. Ф. Кривуля, В. И. Хаханов, А. С. Шкиль // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 1982. – Вып. 64. – С. 114–121.

7. Построение полного минимального контролирующего теста для последовательностных схем / Г. Ф. Кривуля, А. С. Шкиль, В. И. Хаханов // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 1982. – Вып. 62. – С. 64–71.

8. Программные и аппаратурные средства автоматизированной системы диагностирования цифровых блоков / В. П. Немченко, В. И. Хаханов, В. А. Рустинов // Тез. докл. 5-го Всесоюз. совещ. по техн. диагностике, Суздаль, 1982. – Москва : ИПУ, 1982. – С. 143–145.

Неопубліковані документи

9. Автоматизация тестового диагностирования цифровых ячеек управления тиристорными преобразователями / В. И. Хаханов, В. Э. Городецкий ; Харьк. ин-т радиоэлектроники. – Харьков, 1982. – 11 с. – Деп. в ВИНИТИ, № 5961–82.

10. Д-метод построения тестов диагностирования / А. С. Шкиль, В. И. Хаханов ; Харьк. ин-т радиоэлектроники. – Харьков, 1982. – 6 с. – Деп. в ВИНИТИ, № 2344–82.

11. Зондовый метод поиска дефектов в цифровых блоках / В. И. Хаханов ; Харьк. ин-т радиоэлектроники. – Харьков, 1982. – 16 с. – Деп. в ВИНИТИ, № 5840–82.

1983

Статті

12. Анализ переходных процессов в дискретных устройствах / В. И. Хаханов, В. А. Рустинов, А. С. Шкиль // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 1983. – Вып. 68. – С. 35–39.

13. Анализ переходных процессов в системе диагностирования дискретных объектов / М. Ф. Бондаренко, В. П. Немченко, В. И. Хаханов // Вопросы технической диагностики. – Ростов-на-Дону : РИСИ, 1983. – С. 84–89.

14. Применение Д-исчисления при построении тестов для последовательностных счетных структур / А. С. Шкиль, В. И. Хаханов, В. А. Рустинов // Автоматика и вычислительная техника. – 1983. – № 4. – С. 59–63.

15. Троичное моделирование цифровых устройств с использованием языка кубических комплексов / В. И. Хаханов, А. С. Шкиль // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 1983. – Вып. 66. – С. 59–65.

Неопубліковані документи

16. Комбинированный метод построения тестов / Г. Ф. Кривуля, В. И. Хаханов, В. А. Рустинов ; Харьк. ин-т радиоэлектроники. – Харьков, 1983. – 12 с. – Деп. в УкрНИИНТИ, № 233Ук–Д83.

1985

Дисертація, автореферат

17. Модели цифровых устройств и методы их анализа в автоматизированной системе диагностического обеспечения : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.01 "Управление в технических системах" / В. И. Хаханов ; МВССО УССР, Харьк. ин-т радиоэлектроники. – Харьков, 1985. – 260 с. : ил. – Библиогр.: с. 190–205.

18. Модели цифровых устройств и методы их анализа в автоматизированной системе диагностического обеспечения : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.01 "Управление в технических системах" / В. И. Хаханов. – Харьков, 1985. – 23 с.

Статті

19. Диалоговое моделирование микропроцессорных структур / В. И. Хаханов // Разработка и оптимизация САПР и ГАП изделий электронной техники : тез. докл. всесоюз. конф. – Воронеж : ВПИ, 1985. – С. 37–38.

Неопубліковані документи

20. Элементы анализа моделей дискретных устройств / В. И. Хаханов ; Харьк. ин-т радиоэлектроники. – Харьков, 1985. – 18 с. – Деп. в УкрНИИНТИ, № 219Ук–Д85.

1986

Статті

21. Граф-метод поиска дефектов / В. И. Хаханов, Л. В. Ткаченко // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 1986. – Вып. 79. – С. 73–80.

1987

Статті

22. Автоматизированная система диагностирования цифровых модулей / Г. Ф. Кривуля, В. А. Кизуб, В. Б. Коновалов, В. И. Хаханов // Электронное моделирование. – 1987. – № 2. – С. 57–61.

23. Компьютеризация проектирования автоматных моделей / В. И. Хаханов, Г. П. Фастовец // Тез. докл. всесоюз. школы – семинара «Бионика интеллекта». – Харьков : ХИРЭ, 1987. – С. 50.

24. Математический апарат описания автоматных моделей / В. И. Хаханов, Т. В. Сидоренко // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 1987. – Вып. 81. – С. 69–73.

25. Математический аппарат системы диагностического обслуживания / Л. Г. Ефименко, В. И. Хаханов // Проблемы диагностирования микропроцессорных систем, 14–18 окт. 1987 г. – Киев : ИПМЭ, 1987. – С. 33–35.

26. Моделирование конечных автоматов / Д. С. Сорока, В. И. Хаханов // Тез. докл. всесоюз. школы – семинара «Бионика интеллекта». – Харьков : ХИРЭ, 1987. – С. 79–80.

27. Модели функционального уровня интегральных схем / В. А. Рустинов, А. С. Шкиль, В. И. Хаханов // Вопросы технической диагностики. – Ростов-на-Дону : РИСИ, 1987. – С. 35–39.

28. Проектирование системы диагностического обслуживания / В. И. Иванов, В. А. Рустинов, В. И. Хаханов // Тез. докл. всесоюз. совещ. по техн. диагностике, Ростов-на-Дону, 1987. – Москва : ИПУ, 1987. – С. 47–49.

1988

Статті

29. Анализ автоматных моделей цифровых устройств / О. В. Парафило, В. И. Хаханов // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 1988. – Вып. 85. – С. 49–53.

30. Комплексирование подсистемы САПР для радиоэлектронных устройств на основе единой базы данных / Г. Ф. Кривуля, В. И. Хаханов, А. С. Шкиль // Повышение эффективности программных и аппаратных средств контроля и диагностирования в ГПС приборостроения : тез. докл. респ. конф. – Ленинград : Судостроение, 1988. – С. 45–47.

31. Математические модели компонентов технического обеспечения бионических систем / Н. Г. Максимова, В. Н. Мошнин, В. И. Хаханов // Психологическая бионика : тез. докл. всесоюз. школы – семинара. – Харьков : ХИРЭ, 1988. – С. 43–47.

32. Управляемое моделирование микропроцессорных устройств / Н. Г. Максимова, В. И. Хаханов // Автоматизация контроля вычислительных устройств и систем : тез. докл. респ. конф., Винница. – Киев : ИПМЭ, 1988. – С. 47.

Методичні матеріали

33. *Методические указания к лабораторным работам по курсу «Аппаратные и программные средства микропроцессоров и микроЭВМ» / сост. В. И. Хаханов, Л. Г. Ефименко. – Харьков : ХИРЭ. 1988.

34. *Методические указания по курсу «Электронные вычислительные машины» для преподавателей специальности АСУ / сост. В. И. Хаханов, Н. Я. Какурин. – Киев : УМК ВО, 1988.

35. *Методические указания к лабораторным работам по курсу «Элементы и устройства ЭВМ» / сост. В. И. Хаханов, Л. Г. Ефименко, А. Е. Кадацкий. – Харьков : ХИРЭ, 1988.

Авторські свідоцтва та патенти

36. А. с. 1439682 СССР, МПК 4 G 11 C 19/00. Регистр сдвига / Какурин Н. Я. , Хаханов В. И., Лобода В. Г., Какурина А. Н. – № 4251904/24–24 ; заявл. 07.04.87 ; опубл. 23.11.88, Бюл. № 43.

1989

Монографії та навчальні видання

37. Логическое моделирование цифровых устройств / Г. Ф. Кривуля, В. И. Хаханов. – Киев : УМК ВО, 1989. – 142 с.

Статті

38. Использование двухтактного кубического исчисления в САПР цифровых объектов / В. И. Хаханов // Тез. докл. всесоюз. совещ. молодых ученых и специалистов. – Воронеж : ВПИ, 1989. – С. 34–35.

39. Проектирование систем диагностического обслуживания / Г. Ф. Кривуля, В. И. Хаханов // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 1989. – Вып. 87. – С. 87–93.

Методичні матеріали

40. *Методические указания к лабораторным работам и практическим занятиям по курсам «Основы теории и проектирования САПР» и «Диагностика ЭВМ и систем». Ч. 1 / сост. В. И. Хаханов, Л. Г. Ефименко, Г. Ф. Кривуля. – Харьков : ХИРЭ, 1989.

41. *Методические указания к лабораторным работам и практическим занятиям по курсам «Основы теории и проектирования САПР» и «Диагностика ЭВМ и систем». Ч. 2 / сост. В. И. Хаханов, Л. Г. Ефименко, Г. Ф. Кривуля. – Харьков : ХИРЭ, 1989.

Неопубліковані документи

42. Генерация теста по кубическим покрытиям цифрового устройства в системе диагностического обслуживания / В. И. Хаханов, Л. Г. Ефименко ; Харьк. ин-т радиоэлектроники. – Харьков, 1989. – 18 с. – Деп. в УкрНИИНТИ 22.05.89, № 1324Ук–89.

43. Проектирование моделей цифровых устройств для системы диагностического обслуживания / В. И. Хаханов, Л. Г. Ефименко ; Харьк. ин-т радиоэлектроники. – Харьков, 1989. – 23 с. – Деп. в УкрНИИНТИ 21.09.89, № 2068Ук–89.

Авторські свідоцтва та патенти

44. А. с. 1520534 СССР, МПК 4 G 06 F 15/20. Устройство для моделирования конечных автоматов / В. И. Хаханов, Г. Ф. Кривуля, В. А. Кизуб, В. П. Тыдыков. – № 4402822/24–24 ; заявл. 04.04.88 ; опубл. 07.11.89, Бюл. № 41.

1990

Статті

45. Автоматизированные системы диагностирования микропроцессорных устройств на основе малых и персональных ЭВМ / Г. Ф. Кривуля, А. С. Шкиль, В. И. Хаханов // Диагностика обеспечения РЭА на этапах проектирования и производства : тез. докл. науч.-техн. конф., Севастополь. – Ленинград : Судостроение, 1990. – С. 67–68.

46. *Кубическое представление микропроцессорных устройств / В. В. Загородннюк, В. И. Хаханов // Диагностика микроэлектронной аппаратуры : тез. докл. всесоюз. школы – семинара, Туапсе. – Харьков : ХИРЭ, 1990.

47. Моделирование БИС по кубическим покрытиям / Н. Г. Максимова, В. И. Хаханов // Функционально-ориентированные вычислительные системы : тез. докл. респ. конф., Алушта. – Харьков : ХПИ, 1990. – С. 85.

48. Оптимизация проектирования моделей цифровых объектов / Н. Г. Максимова, А. В. Бендиков, В. И. Хаханов // Диагностика микроэлектронной аппаратуры : тез. докл. всесоюз. школы – семинара, Туапсе. – Харьков : ХИРЭ, 1990. – С. 8.

49. *Система моделирования цифровых обьектов для персональных ЭВМ / Н. Г. Максимова, В. И. Хаханов // Информационное и программное обеспечение САПР : тез. докл. респ. конф. – Ужгород : РДНТП, 1990.

Методичні матеріали

50. *Методические указания к лабораторным работам по курсам: «Системное программное обеспечение», «Электронные вычислительные машины» / сост. В. И. Хаханов, Г. П. Фастовец. – Харьков : ХИРЭ, 1990.

1993

Статті

51. Диагностирование неисправностей по реакциям выходов объекта / В. И. Хаханов, И. В. Монжаренко // Тез. докл. школы – семинара, Алушта. – Харьков : ХИИТ, 1993. – С. 39–40.

52. Диагностирование технического состояния обьекта по реакциям его выходов / В. И. Хаханов, А. В. Бендиков, И. В. Монжаренко // Надежность, отказоустойчивость и производительность информационных систем : тез. докл. межгос. науч.-техн. семинара, Туапсе. – Краснодар : НТО РЭС, 1993. – С. 38.

53. Зондовое диагностирование и анализ таблицы исправного поведения / В. И. Хаханов, И. В. Монжаренко, Н. Г. Максимова // Функционально-ориентированные вычислительные системы : тез. докл. междунар. науч.-техн. конф., Киев, Харьков, Алушта. – Харьков : ХПИ, 1993. – С. 33–34.

54. Модели микропроцессорных структур для проектирования тестов и оценки их качества / В. И. Хаханов, А. В. Бендиков // Контроль и управление в технических системах : тез. докл. 2-й техн. конф. стран СНГ. – Винница : ВПИ, 1993. – С. 111.

55. Проектирование тестов в двухтактном кубическом исчислении / Г. Ф. Кривуля, В. И. Хаханов // Функционально-ориентированные вычислительные системы : тез. докл. междунар. науч.-техн. конф., Киев, Харьков, Алушта. – Харьков : ХПИ, 1993. – С. 28.

56. Система логического анализа цифровых объектов / В. И. Хаханов, А. В. Бендиков, И. Н. Чугуров // Функционально-ориентированные вычислительные системы : тез. докл. междунар. науч.-техн. конф., Киев, Харьков, Алушта. – Харьков : ХПИ, 1993. – С. 133.

1995

Монографії та навчальні видання

57. Техническая диагностика цифровых и микропроцессорных структур : учеб. / В. И. Хаханов. – Киев : ИСИО, 1995. – 242 с.

Статті

58. Двухтактное кубическое исчисление / В. И. Хаханов // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 1995. – Вып. 100. – С. 4–15.

59. Диагностирование вычислительных устройств с помощью таблиц неисправностей / В. И. Хаханов // Перспективные системы управления на железнодорожном, промышленном и городском транспорте : материалы 8-й Междунар. школы – семинара, Алушта. – Харьков : ХарГАЖТ, 1995. – С. 26.

60. Система компьютерного моделирования цифровых и МП-структур / В. И. Хаханов, И. В. Монжаренко, Е. В. Ковалев // Перспективные системы управления на железнодорожном, промышленном и городском транспорте : материалы 8-й Междунар. школы – семинара, Алушта. – Харьков : ХарГАЖТ, 1995. – С. 26.

Методичні матеріали

61. *Методические указания к проведению лабораторных работ по курсу «Диагностика ЭВМ» / сост. В. И. Хаханов. – Харьков : ХТУРЭ, 1995.

62. *Методические указания к проведению лабораторных работ по курсу «Логическое моделирование» / сост. Г. Ф. Кривуля, В. И. Хаханов, И. В. Монжаренко. – Харьков : ХТУРЭ, 1995.

63. *Методические указания к проведению лабораторных работ по курсу «Система PCAD» / сост. В. И. Хаханов, В. А. Уваров. – Харьков : ХТУРЭ, 1995.

64. *Методические указания к проведению лабораторных работ по курсу «Цифровая вычислительная техника» / сост. Г. Ф. Кривуля, В. И. Хаханов, И. В. Монжаренко. – Харьков : ХТУРЭ, 1995.

1996

Дисертація, автореферат

65. Модели цифровых и микропроцессорных структур и методы их анализа в системе диагностического обслуживания : дис. ... д-ра техн. наук : 05.13.02 "Математическое моделирование в научных исследованиях" ; 05.13.08 "Вычислительные машины, системы и сети, элементы и устройства вычислительной техники и систем управления" / В. И. Хаханов ; Харьк. гос. техн. ун-т радиоэлектроники. – Харьков, 1996. – 357 с. : ил. – Библиогр.: с. 328–357.

66. Модели цифровых и микропроцессорных структур и методы их анализа в системе диагностического обслуживания : автореф. дис. ... д-ра

техн. наук : 05.13.02 "Математическое моделирование в научных исследованиях" ; 05.13.08 "Вычислительные машины, системы и сети, элементы и устройства вычислительной техники и систем управления" / В. И. Хаханов. – Харьков, 1996. – 44 с.

1997

Монографії та навчальні видання

67. Контроль и диагностика вычислительных устройств и систем : учеб. пособие / Г. Ф. Кривуля, В. И. Хаханов, А. Н. Рысованый, И. В. Монжаренко ; под ред. В. И. Хаханова. – Харьков : ХВУ, 1997. – 304 с.

68. Техническая диагностика элементов и узлов персональных компьютеров : учеб. пособие / В. И. Хаханов. – Киев : ИЗМН, 1997. – 308 с.

Статті

69. Анализ многозначных таблиц неисправностей для диагностирования цифровых устройств / Г. Ф. Кривуля, В. И. Хаханов, С. Н. Коваленко // Диагностика, информатика, метрология, экология, безопасность (ДИМЭБ–97) : тез. докл. науч.-техн. конф., 1–3 июля 1997 г., Россия. – Санкт-Петербург, 1997. – С. 115–116.

70. Двухтактное кубическое исчисление. I. Аппарат математического моделирования вычислительных устройств / В. И. Хаханов // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 1997. – Вып. 105. – С. 35–43.

71. Двухтактное кубическое исчисление. II. Анализ моделей цифровых устройств / В. И. Хаханов, И. В. Монжаренко, М. А. Бережная // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 1997. – Вып. 106. – С. 93–105.

72. Диагностирование одиночных и кратных неисправностей в цифровых устройствах / В. И. Хаханов, И. В. Монжаренко, М. А. Бережная // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 1997. – Вып. 104. – С. 17–28.

73. Кубическое исчисление для анализа автоматов / Г. Ф. Кривуля, В. И. Хаханов, И. В. Монжаренко // Информатика, кибернетика и вычислительная техника. – Донецк : ДонГУ, 1997. – Вып. 1. – С. 159–164.

74. Многозначные модели цифровых устройств / Г. Ф. Кривуля, В. И. Хаханов, Р. Аль-Матарнех // Математическое моделирование и информационные технологии : материалы конф. – Белгород : БелГТАСМ, 1997. – Ч. 8. – С. 72–79.

75. Применение таблиц неисправностей для диагностирования вычислительных устройств / В. И. Хаханов, И. В. Монжаренко, С. Н. Коваленко // Теория и техника передачи, приема и обработки информации : тез. докл. 3-й междунар. конф , 16–18 сент. 1997 г. – Харьков ; Туапсе, 1997. – С. 336–337.

76. Проектирование взвешенного дерева поиска дефектов для зондового диагностирования вычислительных устройств / Г. Ф. Кривуля, В. И. Хаханов, С. А. Головашич // Тез. докл. междунар. конф. по техн. диагностике. – Ивано-Франковск : ИФГУ, 1997. – С. 85–86.

77. Проектирование оптимизированных алгоритмов диагностирования устройств вычислительной техники / И. В. Монжаренко, В. И. Хаханов, Р. Аль-Матарнех // Радиоэлектроника и информатика. – 1997. – № 1. – С. 27–30.

78. Структурно-функциональный анализ моделей вычислительных устройств / Г. Ф. Кривуля, В. И. Хаханов, Н. Г. Дубинская // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 1997. – № 4. – С. 18–24.

79. Структурный анализ многозначных таблиц неисправностей для диагностирования цифровых устройств / Г. Ф. Кривуля, В. И. Хаханов, И. В. Монжаренко // Тез. докл. междунар. конф. по техн. диагностике. – Ивано-Франковск : ИФГУ, 1997. – С. 77–87.

80. Multivalued Models of Digital Circuits / G. Krivoulja, V. I. Hahanov, R. J. Al-Matarnah // Theses of Conf. "Mathematical Modeling and Information Technologies MMIT–97", October 6–9, 1997, Belgorod, Russija. – Belgorod, 1997. – P. 15–16.

81. Two-Frames Cubical Calculus for Modeling and Simulation of Digital Circuits / G. Krivoulja, V. I. Hahanov, I. Monzharenko // Mixed Design of Integrated Circuits and System : proceedings of the 4th International Workshop, June 12–14, 1997, Poznan, Poland. – Poznan, 1997. – P. 195–199.

82. *Two-Frames Cubical Calculus for Test Generation / V. I. Hahanov, G. F. Krivoulja, M. A. Berezhnaja // Test Automation. – 1997. – P. 112–118.

1998

Статті

83. Алгоритм диагностирования тестопригодных цифровых структур / В. И. Хаханов, О. Б. Скворцова, И. В. Монжаренко // Радиоэлектроника и информатика. – 1998. – № 2. – С. 127–129.

84. Алгоритмы условного диагностирования вычислительных устройств / В. И. Хаханов, И. Ю. Сысенко, В. В. Побеженко, И. В. Монжаренко // Радиоэлектроника и информатика. – 1998. – № 3. – С. 87–91.

85. Методы моделирования цифровых структур. Трехтактный автомат / В. И. Хаханов, О. Б. Скворцова, В. В. Ханько, Р. А. Бедратый // Радиоэлектроника и информатика. – 1998. – № 4. – С. 82–88.

86. Модель неисправностей программного продукта. Компьютерный вирус / В. И. Хаханов, С. А. Фрадков, В. В. Ханько // Радиоэлектроника и информатика. – 1998. – № 1. – С. 98–105.

87. Оптимальный метод условного поиска дефектов / Г. Ф. Кривуля, В. И. Хаханов, И. В. Монжаренко // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 1998. – № 4. – С. 57–60.

88. Проблемы диагностирования неисправностей и сертификации программного продукта / В. И. Хаханов, О. Б. Скворцова, В. В. Ханько // Теория и техника передачи, приема и обработки информации : сб. науч. тр. 4-й междунар. конф , 28–30 сент. 1998 г., Туапсе. – Харьков : ХТУРЭ, 1998. – С. 467–468.

89. Структурный алгоритм диагностирования дефектов в цифровых устройствах / В. И. Хаханов, Р. А. Бедратый, М. А. Бережная // Теория и техника передачи, приема и обработки информации : сб. науч. тр. 4-й междунар. конф , 28–30 сент. 1998 г., Туапсе. – Харьков : ХТУРЭ, 1998. – С. 469–470.

90. Структурный анализ многозначных таблиц неисправностей для диагностирования цифровых устройств / В. В. Ханько, В. И. Хаханов, Р. А. Бедратый // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 1998. – Вып. 107. – С. 35–43.

1999

Статті

91. Дедуктивний метод кубического моделирования неисправностей цифровых устройств / А. С. Шкиль, В. В. Ханько, В. И. Хаханов // Радиоэлектроника и информатика. – 1999. – № 1. – С. 77–84.

92. Кубическое моделирование неисправностей цифровых систем на основе FPGA, CPLD / В. И. Хаханов, Е. В. Ковалев, Масуд М. Д. Мехеди, Хак Х. М. Джахирул // Радиоэлектроника и информатика. – 1999. – № 4. – С. 64–71.

93. Методы моделирования цифровых структур. Анализ переходных процессов / Р. А. Бедратый, И. Ю. Сысенко, В. И. Хаханов, В. В. Ханько // Теория и техника передачи, приема и обработки информации : сб. науч. тр. 5-й междунар. конф , 27–30 сент. 1999 г., Туапсе. – Харьков : ХТУРЭ, 1999. – С. 389–391.

94. Модели несиправностей корпоративных сетей и формулировка задач их диагностирования / В. И. Хаханов, В. В. Ханько, Абу Занунех И. М. Халиль // Радиоэлектроника и информатика. – 1999. – № 4. – С. 49–56.

95. Проектирование тестов для конечных автоматов, заданых граф-схемами алгоритмов / В. И. Хаханов, И. Ю. Сысенко, А. Л. Чамян // Радиоэлектроника и информатика. – 1999. – № 2. – С. 87–91.

96. Проектирование тестов для структурно-функциональных моделей цифровых схем / В. И. Хаханов, И. Ю. Сысенко, Абу Занунех И. М. Халиль // Радиоэлектроника и информатика. – 1999. – № 3. – С. 51–59.

97. Технологии условного диагностирования логических устройств / В. И. Хаханов // Проблемы бионики. – Харьков, 1999. – Вып. 50. – С. 148–156.

Методичні матеріали

98. Методичні вказівки до лабораторних занять з курсу «Основи комп’ютерної діагностики» / упоряд. В. І. Хаханов, І. В. Хаханова, Е. М. Кулак. – Харків : ХТУРЕ, 1999. – 32 с.

99. Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Дискретна математика» / упоряд. І. В. Хаханова, Е. М. Кулак, В. І. Хаханов, Г. М. Макаренко. – Харків : ХТУРЕ, 1999. – 84 с.

2000

Монографії та навчальні видання

100. Мова VHDL для опису обчислювальних пристроїв : навч. посіб. / Г. Ф. Кривуля, В. І. Хаханов, І. В. Хаханова, Г. В. Бабіч ; МОН України, НМЦВО, ХТУРЕ. – Харків : ХТУРЕ, 2000. – 96 с.

101. Проектирование и диагностика компьютерных систем и сетей / М. Ф. Бондаренко, Г. Ф. Кривуля, В. И. Хаханов и др. – Киев. : НМЦ ВО, 2000. – 306 с.

Статті

102. Анализ неисправностей корпоративных сетей с целью их диагностирования / В. И. Хаханов, В. В. Ханько, Абу Занунех И. М. Халиль // Управляющие системы и машины. – 2000. – № 5–6. – С. 88–100.

103. Булева форма графовых моделей для описания цифровых систем и сетей / В. И. Хаханов, И. М. Абу Занунех Халиль, А. А. Егоров // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2000. – Вып. 113. – С. 142–148.

104. Генерация тестов для цифровых схем / О. Б. Скворцова, В. И. Хаханов, В. В. Побеженко // Теория и техника передачи, приема и обработки информации : сб. науч. тр. 6-й междунар. конф , 17–19 сент. 2000 г., Туапсе. – Харьков : ХТУРЭ, 2000. – С. 133–135.

105. Дистанционное проектирование цифровых систем по технологии hardware-software co-operation / В. И. Хаханов, А. С. Шкиль, И. Ю. Сысенко, Хак Х. М. Джахирул // Образование и виртуальность–2000 : сб. науч. тр. 4-й

Междунар. конф. Укр. ассоц. дистанц. образования. – Харьков ; Севастополь : УАДО, 2000. – С. 169–173.

106. Кубическое моделирование неисправностей и генерация тестов для цифровых систем / В. И. Хаханов // Ежегодный отчет ХТУРЭ. 1999–2000. – Харьков, 2000. – С. 139–146.

107. Кубическое моделирование неисправностей цифровых систем / В. И. Хаханов, А. С. Шкиль, В. В. Ханько, И. Ю. Сысенко // Радиоэлектроника и информатика. – 2000. – № 1. – С. 83–89.

108. Метод кубического моделирования неисправностей последовательностных схем / В. И. Хаханов, А. С. Шкиль, Р. А. Бедратый // Теория и техника передачи, приема и обработки информации : сб. науч. тр. 6-й междунар. конф , 17–19 сент. 2000 г., Туапсе. – Харьков : ХТУРЭ, 2000. – С. 493–495.

109. Метод кубического моделирования неисправностей цифровых схем / А. С. Шкиль, В. И. Хаханов, Р. А. Бедратый, Хак Х. М. Джахирул // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2000. – Вып. 111. – С. 72–84.

110. Модели цифровых автоматов для проектирования тестов в среде Active-HDL / А. С. Шкиль, В. И. Хаханов, Е. В. Ковалев // Радиоэлектроника и информатика. – 2000. – № 2. – С. 86–92.

111. Модель процесса перехода от содержательного графа микропрограммы к содержательному графу автомата / В. И. Хаханов, А. С. Шкиль, Е. В. Ковалев // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2000. – Вып. 112. – С. 112–120.

112. Проектирование моделей локальной вычислительной сети для решения задач диагностирования / В. И. Хаханов, В. В. Ханько, А. В. Бабич, Абу Занунех И. М. Халиль // Радиоэлектроника и информатика. – 2000. – № 2. – С. 81–85.

113. Проектирование тестов для цифровых устройств на основе FPGA, CPLD / Г. Ф. Кривуля, В. И. Хаханов, Е. В. Ковалев // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 2000. – № 4. – С. 120–121.

114. Проектирование цифровых систем на БИС программируемой логики. I / В. И. Хаханов, В. А. Рустинов, А. А. Барабаш, М. А. Герасимов // Радиоэлектроника и информатика. – 2000. – № 1. – С. 70–77.

115. Система генерации тестов для проектирования цифровых автоматов в среде ACTIVE-HDL / Е. В. Ковалев, В. В. Ханько, В. И. Хаханов, Масуд М. Д. Мехеди // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2000. – Вып. 111. – С. 15–22.

116. Система генерации тестов цифровых проектов в среде Active-HDL / В. И. Хаханов, В. А. Рустинов, Д. М. Горбунов и др. // Радиоэлектроника и информатика. – 2000. – № 3. – С. 92–101.

117. Deductive method of digital devices faults cubic simulation / V. A. Rustinov, I. Y. Sysenko, V. I. Hahanov // Reprogramowalne Układy Cyfrowe – RUC 2000 : materiały III Krajowej Konferencji Naukowej, Szczecin, Polska, 2000. – Szchecin, 2000. – S. 199–202.

Методичні матеріали

118. Методичні вказівки до лабораторних занять з курсу «Основи комп'ютерної діагностики» / упоряд. В. І. Хаханов, І. В. Хаханова, Е. М. Кулак. – Харків : ХТУРЕ, 2000. – 32 с.

2001

Статті

119. Алгоритм построения кубических покрытий для схем с триггерными труктурами (Модифицированный П-алгоритм) / В. И. Хаханов, О. Б. Скворцова, А. В. Бабич // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2001. – Вып. 115. – С. 119–127.

120. Генерация тестов для последовательностных схем, имеющих триггерные структуры / В. И. Хаханов, О. Б. Скворцова, В. А. Пудов, Масуд М. Д. Мехеди // Радиоэлектроника и информатика. – 2001. – № 1. – С. 96–98.

121. Генерация тестов для цифровых систем, описанных на языке VHDL / В. И. Хаханов, Г. Ф. Кривуля, Масуд М. Д. Мехеди // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 2001. – № 3. – С. 77.

122. Генерация тестов для цифровых устройств / В. И. Хаханов, О. Б. Скворцова, А. В. Бабич // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2001. – Вып. 115. – С. 76–82.

123. Детерминированный метод генетических алгоритмов для синтеза тестов верификации цифровых систем / В. И. Хаханов, А. Ю. Соколов, А. Л. Чамян // Радиоэлектроника и информатика. – 2001. – № 4. – С. 96–99.

124. Кубический метод моделирования неисправностей / В. И. Хаханов, Масуд М. Д. Мехеди, Д. М. Горбунов // Теория и техника передачи, приема и обработки информации : сб. науч. тр. 7-й междунар. конф , 1–4 окт. 2001 г. – Харьков : ХТУРЭ, 2001. – С. 67–68.

125. Кубическое моделирование неисправностей цифровых проектов на основе FPGA, CPLD / В. И. Хаханов, И. Ю. Сысенко, Хак Х. М. Джахирул, Масуд М. Д. Мехеди // Радиоэлектроника. Информатика. Управление. – 2001. – № 1. – С. 123–129.

126. Метод псевдослучайной генерации тестов для цифровых схем / В. И. Хаханов, О. Б. Скворцова, А. В. Бабич // Теория и техника передачи, приема и обработки информации : сб. науч. тр. 7-й междунар. конф , 1–4 окт. 2001 г. – Харьков : ХТУРЭ, 2001. – С. 305–306.

127. Модели анализа неисправностей цифровых систем на основе FPGA, CPLD / В. И. Хаханов, Хак Х. М. Джахирул, Масуд М. Д. Мехеди // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2001. – № 2. – С. 3–11.

128. Проектирование моделей локальной вычислительной сети для решения задач диагностирования / В. И. Хаханов, А. В. Бабич, Абу Занунех И. М. Халиль // Актуальные проблемы современной науки в исследованиях молодых ученых Харьковщины : материалы IV гор. науч.-техн. конф. – Харьков : ХГУ, 2001. – С. 85–86.

129. Система генерации тестов цифровых проектов в среде Active-HDL / О. Б. Скворцова, А. В. Бабич, В. И. Хаханов // Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке : сб. науч. тр. по материалам 5-го междунар. молодеж. форума, 24–26 апр. 2001 г. – Харьков : ХТУРЭ, 2001. – С. 150–151

130. Стратегия создания гипертекстового учебника по дискретной математике / В. И. Хаханов, С. В. Чумаченко // Образование и виртуальность–2001 : материалы 5-й междунар. конф. Укр. ассоц. дистанц. образования. – Харьков ; Ялта : УАДО, 2001. – С. 161–166.

131. Технология моделирования и синтеза тестов для сложных цифровых систем / В. И. Хаханов, К. В. Колесников, А. Н. Парфентий и др. // Радиоэлектроника и информатика. – 2001. – № 1. – С. 72–80.

132. Троичное моделирование цифровых систем в САПР программируемой логики / А. С. Шкиль, В. И. Хаханов, В. В. Побеженко // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2001. – Вып. 117. – С. 124–131.

133. ATPG System and Fault Simulation Method for Digital Devices / V. Hahanov, V. Pudov, I. Sysenko // Proceedings of the International Conference (PDS 2001), November 22–23, 2001, Gliwice, Poland. – Gliwice, 2001. – P. 274–278.

134. Desining of LAN models for diagnosis problem solving / V. I. Hahanov, A. V. Babich, Abu Zanuneh I. M. Halil // Proceeding of the 6th Conference CADSM 2001. – Lviv ; Slavsko, 2001. – P. 307–309.

135. Structural Method of Optimized Fault Location using a Guide Probe / V. I. Hahanov, O. B. Skvortsova, Masud M. D. Mehedy // Proceedings of the 8th

International Conference Mixed Design of Integrated Circuits and Systems MIXDES'2001, June 23–24, 2001, Zakopane, Poland. – Zakopane, 2001. – P. 465–468.

136. System for Digital Device Test Generation in Active-HDL / V. I. Hahanov, A. V. Babich, I. Yu. Sysenko, Haque H. M. Jahirul // Proceedings of the 8th International Conference Mixed Design of Integrated Circuits and Systems MIXDES'2001, June 23–24, 2001, Zakopane, Poland. – Zakopane, 2001. – P. 235–238.

137. System of Digital Device Test Generation for Active-HDL / V. I. Hahanov, A. V. Babich, Masud M. D. Mehedi // Proceedings of the International Workshop of Discrete Event System Design – DESDes'01, June 27–29, 2001, Zielona Gora, Poland. – Warsaw, 2001. – P. 153–156.

138. Test Generation and Fault Simulation Methods on the Basis of Cubic Algebra for Digital Devices / V. I. Hahanov, A. V. Babich, S. M. Hyduke // Proceedings of the Euromicro Symposium on Digital Systems Design DSD'2001, September 4–6, 2001, Warsaw, Poland. – Warsaw, 2001. – P. 228–235.

139. Fault Cubic Simulation for Digital Devices / V. Hahanov, G. Krivoulya, V. Rustinov et al. // Proceeding of the 6th Conference CADSM 2001. – Lviv ; Slavsko, 2001. – P. 112–115.

2002

Монографії та навчальні видання

140. VHDL для проектирования компьютерных систем / В. В. Семенец, Г. Ф. Кривуля, В. И. Хаханов и др. – Харьков : ХНУРЭ, 2002. – 156 с.

Статті

141. Анализ графовых структур для моделирования цифровых систем / В. И. Хаханов, С. В. Чумаченко, А. В. Хаханова, К. В. Колесников // Радиоэлектроника и информатика. – 2002. – № 4. – С. 92–98.

142. BDP-метод моделирования неисправностей для синтеза тестов цифровых проектов / В. И. Хаханов, К. В. Колесников, И. В. Хаханова // Радиоэлектроника и информатика. – 2002. – № 2. – С. 60–66.

143. Генетические алгоритмы для синтеза тестов верификации цифровых систем / В. И. Хаханов, И. Ю. Сысенко, О. Б. Скворцова, А. В. Соколов // Компьютерные науки и информационные технологии : материалы Междунар. конф. – Саратов, 2002. – С. 76–77.

144. Дедуктивно-параллельный метод моделирования неисправностей на реконфигурируемых моделях цифровых систем / В. И. Хаханов, И. Ю. Сысенко, К. В. Колесников // Радиоэлектроника и информатика. – 2002. – № 1. – С. 98–105.

145. Дедуктивный метод обратного моделирования неисправностей для цифровых проектов / В. И. Хаханов, А. Л. Чамян, Е. А. Каменюка // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 2001. – № 3. – С. 44.

146. Детерминированный метод генетических алгоритмов для синтеза тестов верификации цифровых систем / В. И. Хаханов, А. В. Соколов, И. Ю. Сысенко, О. Б. Скворцова // Материалы 1-й Междунар. конф. по индуктивному моделированию МКИМ'2002, 15–19 мая 2002 г., Трускавец. – Львов, 2002. – С. 112–118.

147. Детерминированный метод генетических алгоритмов для синтеза тестов верификации цифровых систем / В. И. Хаханов, А. В. Соколов, И. Ю. Сысенко, О. Б. Скворцова // Современные информационные и электронные технологии (СИЭТ–2002) : материалы 3-й Междунар. науч.-практ. конф. – Одесса, 2002. – С. 96.

148. Диагностирование ПЛИС на основе моделей клеточных автоматов / М. А. Бережная, Л. В. Дербунович, В. И. Хаханов // Радиоэлектроника и информатика. – 2002. – № 3. – С. 79–82.

149. Метод обратного моделирования неисправностей для сверхбольших цифровых проектов / В. И. Хаханов, И. Ю. Сысенко, А. В. Хаханова // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2002. – Вып. 118. – С. 126–138.

150. Методы генетических алгоритмов для синтеза тестов верификации цифровых систем / В. И. Хаханов, И. Ю. Сысенко, О. Б. Скворцова // Теория и техника передачи, приема и обработки информации : материалы 8-й междунар. конф. – Туапсе ; Харьков : ХТУРЭ, 2002. – С. 209–211.

151. Модели пространств в научных исследованиях / В. И. Хаханов, С. В. Чумаченко // Радиоэлектроника и информатика. – 2002. – № 1. – С. 124–132.

152. Моделирование неисправностей для цифровых проектов на основе программируемой логики / В. И. Хаханов, Г. Ф. Кривуля, К. В. Колесников // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 2002. – № 4–5. – С. 51–59.

153. Новые информационные технологии проектирования цифровых систем / Г. Ф. Кривуля, В. И. Хаханов // Прикладная радиоэлектроника.

Состояние и перспективы развития (МРФ–2002) : материалы 1-го Междунар. радиоэлектрон. форума, 8–10 окт. 2002 г. – Харьков : ХНУРЭ, 2002. – С. 233–236.

154. Новые технологии обучения компьютерному проектированию цифровых систем управления / В. И. Хаханов, Г. Ф. Кривуля, С. В. Чумаченко // Проблемы управления в кораблестроении : материалы 5-й Междунар. науч.-техн. конф., Николаев, 15–19 окт. 2002 г. – Николаев : НКУ, 2002. – С. 47–48.

155. Структурный метод поиска дефектов в сегменте локальной вычислительной сети / Г. Ф. Кривуля, В. И. Хаханов, А. С. Шкиль, А. В. Бабич // Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития (МРФ–2002) : материалы 1-го Междунар. радиоэлектрон. форума, 8–10 окт. 2002 г. – Харьков : ХНУРЭ, 2002. – С. 257–260.

156. Технологии обучения автоматизированному проектированию цифровых систем / В. И. Хаханов // Образование и виртуальность–2002 (ВИРТ–2002) : материалы 6-й Междунар. конф. – Харьков ; Ялта : УАДО, 2002. – С. 207–210.

157. Технологии проектирования систем на кристаллах. Моделирование неисправностей сверхбольших цифровых проектов / В. И. Хаханов, Р-Й. Р. Убар // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2002. – Вып. 122. – С. 16–35.

158. ATPG System and Test Generation Methods for Digital Devices / V. I. Hahanov, O. B. Skvortsova, I. Y. Sysenko, H. L. Chamyan // Proceeding of the 8th Bienuual Baltic Electronics Conference, October 6–9, Tallinn, Estonia. – Tallinn, 2002. – P. 299–302.

159. ATPG System, Fault Simulation and Test Generation Methods for Digital Devices / V. I. Hahanov, I. Y. Sysenko, O. B. Skvortsova // Proceeding of the 13th International Conference on Modelling and Simulation MS 2002, May 13–15, 2002, Marina del Rey, California. – Marina del Rey, 2002. – P. 230–235.

160. Deterministic Method of Genrtic Algorithm of Test Generation for Digital System Verification / V. I. Hahanov, A. V. Babich, A. V. Sokolov // Proceeding of the 9th International Conference Mixed Design of Integrated Circuits and Systems, Poland. – Wroclaw, 2002. – P. 535–540.

161. Deterministic Method of Genetic Algorithms of Test Generation for Digital System Verivication / V. I. Hahanov, A. V. Babich, A. Sokolov, V. Pudov // Modern Problems of Radio Engeneering, Telecommunication and Computer Science : proceeding of the 7th Conference TCSET. – Lviv ; Slavsko : Lvivska Politechnica, 2002. – P. 257–258.

162. Practical works for on-line teaching design and test of digital circuits / A. Jutman, R. Ubar, V. Hahanov, O. Skvortsova // Proceedings of the 9th IEEE International Conference on Electronics, Circuits and System ICECS 2002, September 15–18, 2002, Dubrovnik, Croatia. – Dubrovnik, 2002. – P. 1223–1227.

163. Test Generator Used Genetic Algorithms and Reconfigurable Deductive-Parallel Fault Simulation Method for Digital Devices / V. I. Hahanov, I. Y. Sysenko, O. B. Skvortsova // Proceeding of the 9th International Conference Mixed Design of Integrated Circuits and Systems, Poland. – Wroclaw, 2002. – P. 549–554.

Методичні матеріали

164. Методичні вказівки до практичних занять з курсу "Дискретна математика" / упоряд. В. І. Хаханов, І. В. Хаханова, Е. М. Кулак, С. В. Чумаченко ; МОН України, ХНУРЕ. – Харків : ХНУРЕ, 2002. – 88 с.

165. Програма, методичні вказівки і контрольні завдання з курсу "Дискретна математика" для студентів заочної форми навчання спеціальності 7.091501 "Комп`ютерні та інтелектуальні системи і мережі" / упоряд. Г. Ф. Кривуля, В. І. Хаханов, С. В. Чумаченко ; МОН України, ХНУРЕ. – Харків : ХНУРЕ, 2002. – 68 с.

2003

Монографії та навчальні видання

166. Проектирование цифровых систем с использованием языка VHDL / В. В. Семенец, И. В. Хаханова, В. И. Хаханов. – Харьков : ХНУРЭ, 2003. – 492 с.

Статті

167. Анализ дефектов цифровых систем на кристаллах / В. И. Хаханов, В. И. Обризан, О. В. Мельникова // Теория и техника передачи, приема и обработки информации : материалы 9-й Междунар. науч. конф., 7–10 окт. 2003 г. – Харьков : ХНУРЭ, 2003. – С. 22–23.

168. Моделирование и синтез тестов для цифровых схем с граничным сканированием / В. И. Хаханов, К. В. Колесников, А. Н. Парфентий, И. В. Хаханова // Радиоэлектроника и информатика. – 2003. – № 2. – С. 79–86.

169. Модель корпоративной вычислительной сети для решения задач диагностирования / В. И. Хаханов, А. В. Бабич // Современные технологии проектирования систем на микросхемах программируемой логики : материалы науч.-практ. конф. – Харьков, 2003. – С. 54–56.

170. Модифицированный дедуктивный метод моделирования неисправностей цифровых устройств / В. И. Хаханов, Е. А. Каменюка, А. Н. Парфентий // Электронное моделирование. – 2003. – Т. 25, № 5. – С. 57–76.

171. Технологии проектирования и тестирования цифровых устройств и систем / В. И. Хаханов, К. В. Колесников, И. В. Хаханова // Информационные технологии в 21 веке : сб. докл. и тез. 1-го Молодеж. науч.-практ. форума, 23–24 апр. 2003 г. – Днепропетровск, 2003. – С. 32–36.

172. Advanced software tools for fault simulation and test generation / V. Hahanov, A. Yegorov, O. Melnikova et al. // Радиоэлектроника и информатика. – 2003. – № 3. – С. 77–81.

173. Backtraced Deductive-Parallel Fault Simulation for Digital Circuits / Vladimir Hahanov, Iryna Sysenko, Konstantin Kolesnikov // The Experience of designing and Application of CAD Systems in Microelectronics : proceedings of the 7th International Conference, February 18–22, 2003. – Lviv ; Slavsko, 2003. – P. 382–387.

174. Back-Traced Deductive-Parallel Fault Simulation for Digital Systems / V. Hahanov, R. Ubar, S. Hyduke // Proceedings of Euromicro Symposium on Digital Systems Design, Belek-Antalya, Turkey. – Belek-Antalya, 2003. – P. 370–377.

175. Fast Fault Simulation Method for Digital Systems / V. I. Hahanov, V. I. Obrizan, O. V. Melnikova, Malik Gowher // Proceeding of Advanced Compact Modeling Workshop, Portugal. – Estoril, 2003. – P. 44.

176. High performance Fault Simulation for Digital Systems / Vladimir Hahanov, Olga Melnikova, Volodymyr Obrizan, Irina Hahanova // Proceedings of Euromicro Symposium on Digital Systems Design, Belek-Antalya, Turkey. – Belek-Antalya, 2003. – P. 15–16.

177. High Performance Fault Simulation for Digital Systems / Vladimir Hahanov, Gennadiy Krivoulya, Irina Hahanova et al. // Proceedings of the second IEEE International Workshop IDAACS'2003. – Lviv, 2003. – P. 390–395.

178. SIGETEST – Test generation and fault simulation for digital designs / V. I. Hahanov, D. M. Gorbunov, Y. V. Miroshnichenko et al. // Современные технологии проектирования систем на микросхемах программируемой логики : материалы науч.-практ. конф. – Харьков, 2003. – С. 50–53.

179. Structural Analysys for Digital Devices for the Simulation System / Vladimir Hahanov, Andrey Yegorov, Vladimir Obrizan, Alexander Parfentiy // The Experience of designing and Application of CAD Systems in Microelectronics : proceedings of the 7th International Conference, February 18–22, 2003. – P. 264–268.

180. Test quality evaluation for complex digital systems / V. Hahanov, S. Hyduke, I. Chugurov // Радиоэлектроника и информатика. – 2003. – № 3. – С. 56–63.

181. The Digital Circuit Models and Data Structure for High Performance Fault Simulation / V. I. Hahanov, O. B. Skvortsova, K. V. Kolesnikov, A. N. Parfenty // Mixed Design of Integrated Circuits and Systems : proceedings of the 10th International Conference, Wroclaw, Poland. – Wroclaw, 2003. – P. 494–499.

2004

Статті

182. Анализ быстродействия базовых операций в дедуктивном методе моделирования неисправностей / В. И. Хаханов, С. А. Зайченко, А. А. Егоров // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2004. – Вып. 127. – С. 138–148.

183. Анализ неисправностей при проектировании дискретных логических сетей / В. И. Хаханов, Ваде Гриби, В. В. Елисеев и др. // Бионика интеллекта. – 2004. – № 1 (64). – С. 61–67.

184. Методы и средства создания цифровых систем на кристаллах. Аналитический обзор / В. И. Хаханов, А. А. Егоров, М. А. Каминская, И. В. Хаханова // Радиоэлектроника и информатика. – Харьков, 2004. – № 4 (29). – С. 102–117.

185. Обзор международного рынка электронных технологий / В. И. Хаханов, В. И. Обризан, О. В. Мельникова // Проблемы информатики и моделирования : материалы 4-й междунар. науч.-техн. конф., 25–27 нояб. 2004 г. – Харьков, 2004. – С. 75–78.

186. Повышение качества теста на основе технологии Boundary Scan / В. И. Хаханов, М. А. Каминская, А. А. Егоров, И. А. Побеженко // Радиоэлектроника и информатика. – Харьков, 2004. – № 3. – С. 85–90.

187. САПР и международный рынок электронных технологий / В. И. Хаханов, В. И. Обризан, Е. А. Каменюка, А. В. Хаханова // Контрольно-измерительные приборы и автоматика. – Харьков, 2004. – № 8. – С. 4–13.

188. САПР и международный рынок электронных технологий / В. И. Хаханов, В. И. Обризан, Е. А. Каменюка, А. В. Хаханова // Современные информационные и электронные технологии : сб. тр. 5-й междунар. науч.-практ. конф., 17–21 мая 2004 г. – Одесса, 2004. – С. 137.

189. Сферический мультипроцессор PRUS для решения булевых уравнений / С. М. Гайдук, В. И. Хаханов, В. И. Обризан, Е. А. Каменюка // Радиоэлектроника и информатика. – Харьков, 2004. – № 4 (29). – С. 107–116.

190. Топологический метод моделирования неисправностей цифровых устройств / В. И. Хаханов, И. В. Хаханова, О. В. Мельникова, А. Н. Парфентий // Вестн. Херсон. гос. техн. ун-та. – 2004. – № 1 (19). – С. 225–229.

191. *Топологический метод моделирования неисправностей цифровых устройств / В. И. Хаханов, И. В. Хаханова, О. В. Мельникова, А. Н. Парфентий // Інформаційні технології в освіті та управлінні : матеріали міжнар. конф., 21 трав. 2004 р., Нова Каховка.

192. Co-design технология проектирования SOC на основе Active-HDL 6.2 / В. И. Хаханов, А. А. Егоров, И. В. Хаханова, О. А. Гузь // Радиоэлектроника и информатика. – Харьков, 2004. – № 2. – С. 76–80.

193. Conference Reports / Vladimir Hahanov, Raimund Ubar // IEEE Design and Test of Computers. – 2004. – Vol. 21, № 6. – P. 594–595.

194. EDA-market и технологии проектирования SOC / В. И. Хаханов, В. В. Елисеев, А. Н. Парфентий // Единое информационное пространство : сб. докл. междунар. конф., 2–3 дек. 2004 г. – Днепропетровск, 2004. – С. 201–204.

195. Fault Simulation technology for SOC's / V. I. Hahanov, O. V. Melnikova, I. A. Pobezenko // Proceedings of the 2nd International Workshop on Discrete-Event System Design, DESDes'04. – Zielona Gora, 2004. – P. 155–160.

196. New Features of Deductive Fault Simulation / V. I. Hahanov, V. I. Obrizan, A. V. Kiyaszhenko, I. A. Pobezhenko // Proceedings of the 2nd East-West Design and Test Workshop 2004, September 23–26, 2004, Alushta. – Alushta, 2004. – P. 274–280.

197. Reproducing Transformations method for IP-core of summatory and integral equations solving / S. Chumachenko, V. Hahanov // Proceedings of the Euromicro Symposium on Digital System Design, DSD 2004, August 31 – September 3, 2004, Rennes. – Rennes, 2004. – P. 144–145.

198. Topological BDP Fault Simulation Method / Vladimir Hahanov, Irina Hahanova, Stanley Hyduke // Proceedings of the Euromicro Symposium on Digital System Design, DSD 2004, August 31 – September 3, 2004, Rennes. – Rennes, 2004. – P. 440–443.

199. Topological fault simulation method / V. I. Hahanov, I. V. Hahanova, S. U. Khan, V. I. Obrizan // Proceedings of the 11th International Conference Mixdes Design of Integrated Circuits and Systems, June 24–26, 2004. – Szczecin, 2004. – P. 211–214.

200. Topological Fault Simulation Method / Vladimir Hahanov, Olga Melnikova, Sergey Zaychenko, Olesya Guz // Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science : proceedings of the International Conference, February 24–28, 2004, Slavske, Lviv, Ukraine. – Lviv, 2004. – P. 602–605.

201. Topological method of fault simulation / V. I. Hahanov, O. V. Melnikova, I. V. Hahanova, H. L. Chamyan // Proceedings of the 9th Biennial Baltic Electronics Conference, October 3–6, 2004, Estonia. – Tallinn, 2004. – P. 221–224.

Методичні матеріали

202. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Основи автоматизованого проектування засобів ОТ» для студентів денної форми навчання спеціальності 7.091501 – Комп'ютерні та інтелектуальні системи / упоряд. В. І. Хаханов, І. В. Хаханова ; МОН України, ХНУРЕ. – Харків : ХНУРЕ, 2004. – 44 с.

2005

Статті

203. Аппаратная эмуляция систем Булевых уравнений / В. И. Хаханов, В. И. Обризан, О. В. Мельникова, О. А. Гузь // Современные информационные и электронные технологи : материалы 6-й междунар. науч.-практ. конф. – Одесса, 2005. – С. 203.

204. Иерархическое тестирование программно-технических комплексов / В. И. Хаханов, В. В. Елисеев, В. И. Обризан и др. // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2005. – Вып. 134. – С. 93–102.

205. Механизм ассерций для функциональной верификации проектируемых цифровых систем / В. И. Хаханов, А. А. Егоров, С. А. Зайченко и др. // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2005. – Вып. 131. – С. 147–157.

206. Специализированный процессор для решения систем булевых уравнений большой размерности / В. И. Хаханов, Е. А. Каменюка, О. В. Мельникова // Вестн. Херсон. нац. техн. ун-та. – 2005. – № 1 (21). – С. 440–444.

207. Accept-метод верификации цифровых систем на основе стандарта IEEE 1500 SECT / В. И. Хаханов, В. В. Елисеев, В. И. Обризан и др. // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2005. – Вып. 132. – С. 93–105.

208. Assertion-based Mechanism for the Functional Verification of the Digital Designs / V. I. Hahanov, O. Yegorov, S. Zaychenko et al. // Proceedings of the 3rd East-West Design and Test Workshop, September 15–19, 2005, Ukraine. – Odessa, 2005. – P. 261–265.

209. Hardware Emulation of Large Scale Boolean Equations Systems / S. M. Hyduke, V. I. Hahanov, O. V. Melnikova, I. V. Hahanova // Electronic and Electrical Engineering. – Kaunas : Technologija, 2005. – № 3 (59). – P. 9–13.

210. HES-MV – аппаратный метод моделирования устройств / В. И. Хаханов, И. А. Побеженко, Хассан Ктейман, Уади Гариби // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2005. – Вып. 133. – С. 4–12.

211. High-performance deductive fault simulation method / V. I. Hahanov, I. Hahanova, V. I. Obrizan // Proceedings of the 10th IEEE European test symposium, May 22–25, 2005, Estonia. – Tallinn, 2005. – P. 91–96.

212. PRUS-Hardware Accelerator for Boolean Equations Processing / S. M. Hyduke, V. I. Hahanov, V. I. Obrizan, et al. // Mixed Design of Integrated Circuits and Systems : proceedings of the 12th International Conference, June 22–25, 2005, Krakow, Poland. – Krakow, 2005. – P. 173–177.

213. PRUS – Spherical Multiprocessor for Computation of Boolean equations / S. M. Hyduke, V. I. Hahanov, V. I. Obrizan, Wade Ghribi // Proceedings of the 8th International Conference CADSM 2005, Ukraine. – Lviv, 2005. – P. 41–48.

214. Prus – Processor Network for Digital Circuit Implementation / S. M. Hyduke, V. I. Hahanov, V. I. Obrizan, O. Guz // Proceedings of the 8th Euromicro Conference on Digital System Design, August 30 – September 3, 2005, Porto, Portugal. – Porto, 2005. – P. 239–242.

215. Quantitive Estimation of the Testability for Complexity Digital Devices before Test Generation / M. O. Kaminskaya, V. I. Hahanov, W. Ghribi, E. A. Kamenuka // Mixed Design of Integrated Circuits and Systems : proceedings of the 12th International Conference, June 22–25, 2005, Krakow, Poland. – Krakow, 2005. – P. 451–454.

216. *RKHS-Method at Solving Some Radiophysics Problems / S. V. Chumachenko, V. I. Hahanov, O. V. Melnikova // Electronic and Electrical Engineering. – Kaunas : Technologija, 2005. – № 6 (62).

217. Series summation RKHS-Methods applications for radiophysics problems simulations / S. V. Chumachenko, V. I. Hahanov, O. V. Melnikova // Electronic and Electrical Engineering. – Kaunas : Technologija, 2005. – № 7 (63). – P. 5–9.

218. SUM IP Core Generator – средство для верификации моделей-формул суммирования рядов в ГПВЯ / В. И. Хаханов, С. В. Чумаченко, О. Б. Скворцова // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2005. – Вып. 133. – С. 151–156.

2006

Статті

219. *Выпускники ХНУРЭ – лучшие профессионалы в мире / В. И. Хаханов // Деловая жизнь. – 2006. – № 6.

220. Иерархическое тестирование программно-технических комплексов / В. И. Хаханов, В. В. Елисеев, В. И. Обризан и др. // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2006. – Вып. 134. – С. 93–102.

221. Метод суммирования рядов в гильбертовом пространстве с воспроизводящим ядром для анализа моделей радиоэлектронных устройств / В. И. Хаханов, С. В. Чумаченко // Электронное моделирование. – 2006. – Т. 28, № 4. – С. 1–15.

222. Методы аппаратного моделирования цифровых систем на кристаллах / Ваде Гриби, И. В. Хаханова, В. И. Хаханов // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2006. – Вып. 136. – С. 56–65.

223. Модель динамических регистровых очередей для быстродействующего анализа линейных темпоральных ограничений / В. И. Хаханов, С. А. Зайченко // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2006. – Вып. 136. – С. 10–25.

224. Применение IEEE стандартов для тестирования программно-технических комплексов / В. И. Хаханов, В. В. Елисеев // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2006. – № 6 (18). – С. 163–171.

225. Современные системы RFID и проблемы идентификации / В. И. Хаханов, И. В. Филиппенко // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2006. – Вып. 136. – С. 45–50.

226. *Студент + профессор = университет / В. И. Хаханов // Квант. – 2006. – № 8–9 (183).

227. Тестирование сложных цифровых систем управления критическими объектами / В. И. Хаханов, В. В. Елисеев, А. В. Хаханова, О. В. Мельникова // Глобальные информационные системы. Проблемы и тенденции развития : материалы 1-й междунар. науч. конф., Туапсе, 3–6 окт. 2006 г. – Харьков, 2006. – С. 40–41.

228. Эффективная функциональная верификация моделей цифровых систем на кристалле на основе ассерций глобального времени / С. А. Зайченко, В. И. Хаханов // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2006. – Вып. 137. – С. 4–13.

229. CAD Tools for CORDIC IP Cores Generation / V. I. Hahanov, O. V. Melnikova, D. Melnik, P. Levchenko // Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science – TCSET'2006 :

proceedings of the International Conference, February 28 – March 4, 2006, Slavske, Lviv, Ukraine. – Lviv, 2006. – P. 375–378.

230. Design of wavelet filter bank for JPEG 2000 Standard / I. Hahanova, V. Hahanov, E. Fomina et al. // Proceedings of the 4th East-West Design and Test Workshop, September 15–19, 2006, Sochi, Russia. – Sochi, 2006. – P. 327–331.

231. Dynamic register transfer level queues model for high-performance evaluation of the linear temporal constraints / V. Hahanov, O. Zaharchenko, S. Zaychenko // Proceedings of the 4th East-West Design and Test Workshop, September 15–19, 2006, Sochi, Russia. – Sochi, 2006. – P. 132–139.

232. Hardware/Software Method of Digital SoC Verification / V. Hahanov, A. Kiyaschenko, A. Parfentiy, H. Ktiaman // Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science – TCSET'2006 : proceedings of the International Conference, February 28 – March 4, 2006, Slavske, Lviv, Ukraine. – Lviv, 2006. – P. 384–387.

233. HEDEFS – Hardware embedded deductive fault simulation / V. Hahanov, H. Kteaman, W. Ghribi, E. Fomina // Proceedings of the 3rd IFAC Workshop on Discrete-Event System Design (DESDes'06), September 26–28, 2006, Rydzyna, Poland. – Rydzyna, 2006. – P. 25–29.

234. HEDEFS – программно-аппаратная система моделирования неисправностей / В. И. Хаханов, А. Н. Парфентий, Ваде Гриби, Хассан Ктейман // Радиоэлектроника. Информатика. Управление. – 2006. – № 2. – С. 77–84.

235. HES-MV – a method for hardware embedded simulation / V. Hahanov, A. Krasovskaya, M. Boichuk, O. Gorobets // Proceedings of the 4th East-West

Design and Test Workshop, September 15–19, 2006, Sochi, Russia. – Sochi, 2006. – P. 257–263.

236. HES-MV – ускоритель троичного моделирования цифровых проектов / М. А. Каминская, В. И. Хаханов, Ваде Гриби // Глобальные информационные системы. Проблемы и тенденции развития : материалы 1-й междунар. науч. конф., Туапсе, 3–6 окт. 2006 г. – Харьков, 2006. – С. 42–43.

237. HFS-процессор аппаратного моделирования неисправностей цифровых проектов / В. И. Хаханов, Хассан Ктейман, А. Н. Парфентий, И. В. Хаханова // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2006. – Вып. 137. – С. 73–90.

238. Hierarchical analysis of testability for SoCs / M. Kaminskaya, V. Hahanov, E. Kulak, O. Guz // Proceedings of the 4th East-West Design and Test Workshop, September 15–19, 2006, Sochi, Russia. – Sochi, 2006. – P. 226–230.

239. Hierarchical systems testing based on Boundary Scan Technologies / V. Hahanov, V. Yeliseev, A. Hahanova, D. Melnik // Proceedings of the 4th East-West Design and Test Workshop, September 15–19, 2006, Sochi, Russia. – Sochi, 2006. – P. 57–58.

240. Hierarchical Testing of Complex Digital Systems / V. Hahanov, V. Obrizan, V. Yeliseev, W. Ghribi // Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science – TCSET'2006 : proceedings of the International Conference, February 28 – March 4, 2006, Slavske, Lviv, Ukraine. – Lviv, 2006. – P. 426–429.

241. SUM IP core generator – means for verification of models-formulas for series summation in RKHS / V. Hahanov, S. Chumachenko, O. Melnikova,

O. Skvortsova // Proceedings of the 4th East-West Design and Test Workshop, September 15–19, 2006, Sochi, Russia. – Sochi, 2006. – P. 322–326.

242. *Testability Analysis of Digital Design Verification / V. Hahanov, M. Kaminskaya, E. Fomina // Baltic Electronic Conference. – Tallinn, 2006.

243. Verification of digital system by a new asserting mechanism based on IEEE 1500 SECT standard / V. Hahanov, V. Obrizan, I. Hahanova, E. Fomina // Proceedings of the international conference MIXDES 2006, June 22–24, 2006, Gdunia, Poland. – Gdunia, 2006. – P. 544–548.

2007

Монографії та навчальні видання

244. VHDL+Verilog = синтез за минуты / В. И. Хаханов, И. В. Хаханова. – Харьков : ХНУРЭ, 2007. – 264 с.

Статті

245. Встроенное аппаратное моделирование при проектировании SoC / В. И. Хаханов, Хассан Ктейман, А. Н. Парфентий, И. В. Хаханова // Радіоелектронні і комп’ютерні системи. – 2007. – № 8 (27). – С. 242–246.

246. Клубное образование – модель высшей школы / В. И. Хаханов // Прикладная информатика. – 2007. – № 4 (10). – С. 45–51.

247. Метод восстановления работоспособности памяти с помощью резервных элементов / В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова, К. Л. Мостовая, А. Н.

Парфентий // Радиоэлектроника и информатика. – 2007. – № 1 (36). – С. 39–44.

248. Модели диагностирования иерархических систем на основе технологий граничного сканирования / В. В. Елисеев, В. И. Хаханов, А. Н. Парфентий, А. В. Хаханова // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2007. – Вып. 138. – С. 86–97.

249. Модели и архитектура вейвлет преобразований для стандарта JPEG 2000 / И. В. Хаханова, И. А. Побеженко, В. И. Хаханов // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2007. – Вып. 139. – С. 4–12.

250. Модели инфраструктуры сервисного обслуживания цифровых систем на кристаллах / А. Н. Парфентий, В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2007. – Вып. 138. – С. 83–99.

251. Перспективи розвитку науково-навчального процесу ХНУРЕ на основі лабораторії «Цифровий університет» / Г. Ф. Кривуля, В. І. Хаханов // Молодий фахівець 21 століття : матеріали 14-ї наук.-практ. конф. наук.-пед. працівників ун-ту, 23 листоп. 2007 р., Україна. – Харків, 2007. – С. 40–42.

252. Сжатие видеоданных на основе кодирования трансформант / В. И. Хаханов, В. В. Баранник, И. В. Хаханова // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2007. – Вып. 138. – С. 18–23.

253. Современные технологии моделирования и верификации цифровых систем на кристаллах / В. И. Хаханов, А. Н. Парфентий, А. В. Хаханова // Современные информационные системы. Проблемы и тенденции развития : материалы 2-й междунар. науч. конф., 2–5 окт., 2007, Туапсе, Россия. – Харьков ; Туапсе : ХНУРЭ, 2007. – С. 400–401.

254. Современные технологии моделирования и верификации цифровых систем на кристаллах / В. И. Хаханов // Материалы Междунар. науч. конф., посвящ. памяти проф. А. М. Богомолова, 2–4 июля 2007 г., Саратов, Россия. – Саратов, 2007. – С. 136–141.

255. Технологии тестирования и верификации программно-аппаратных проектов / В. И. Хаханов, С. Гайдук, И. В. Хаханова // Автоматизация проектирования дискретных систем : материалы 6-й междунар. конф., 14–15 нояб. 2007 г. – Минск, 2007. – С. 186–197.

256. CLUB-Teaching как новая форма IT-образования / В. И. Хаханов, С. В. Чумаченко, В. И. Обризан, М. А. Каминская // Стратегия качества в промышленности и образовании : материалы III Междунар. конф., 1–8 июня 2007 г., Варна, Болгария. – Варна, 2007. – С. 665–667.

257. *Corporate innovatiove education within the framework of Student Club / V. Hahanov // Ukrainian outsourcing forum'2007, November 1–2, 2007. – Kyiv, 2007.

258. Hardware Fault free Simulation for SoC / V. Hahanov, M. Kaminska, W. Ghribi // Proceedings of the 14th International Conference Mixed Design of Integrated Circuits and Systems Mixdes 2007, June 21–23, 2007, Ciechocinek, Poland. – Ciechocinek, 2007. – P. 394–397.

259. Hardware Simulation and Verification Technologies / V. Hahanov, A. Hahanova, V. Obrizan, W. Ghribi // Proceedings of IEEE East-West Design and Test Symposium, September 7–10, 2007, Yerevan, Armenia. – Yerevan, 2007. – P. 739–744.

260. High-Speed method of Hardware Simulation / V. Hahanov, E. Kamenuka, H. Kteaman et al. // The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics : proceedings of the 9th International Conference, February 19–24, 2007, Polyana, Ukraine. – Lviv, 2007. – P. 222–225.

261. Image Encoding Design Based on 2-D Combinatory Transformation / V. Hahanov, V. Barannik, A. Krasovskaya // Proceedings of IEEE East-West Design and Test Symposium, September 7–10, 2007, Yerevan, Armenia. – Yerevan, 2007. – P. 282–285.

262. Memory Repair Method by Using Spare / V. Hahanov, E. Litvinova, K. Mostovaya, A. Parfenty // Proceedings of IEEE East-West Design and Test Symposium, September 7–10, 2007, Yerevan, Armenia. – Yerevan, 2007. – P. 465–469.

263. Model of Source Code Analyzer for Hardware Description Languages / Dmytro Melnyk, Sergei Zaychenko, Aleksandr Adamov, Vladimir Hahanov // Proceedings of IEEE East-West Design and Test Symposium, September 7–10, 2007, Yerevan, Armenia. – Yerevan, 2007. – P. 470–474.

264. NoCs Design for verification / V. Hahanov, A. Yegorov, K. Mostovaya // Electronics and Electrical Engineering. – Kaunas, 2007. – № 3 (75). – P. 45–48.

265. Parallel Logic Simulation Using Multi-Core Workstations / V. Hahanov, V. Obrizan, A. Gavrushenko, S. Mikhtonyuk // The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics : proceedings of the 9th International Conference, February 19–24, 2007, Polyana, Ukraine. – Lviv, 2007. – P. 256–257.

266. PRUS – система аппаратного ускорения верификации цифровых устройств / В. И. Хаханов, В. И. Обризан, Е. А. Каменюка, О. В. Мельникова // Каталог аннотаций на разработки по материалам первого украинско-китайского форума «Наука – производство». – Харьков : ХНУРЭ, 2007. – С. 33–34.

267. SIGETEST – система моделирования тестов проверки неисправностей цифровых устройств / В. И. Хаханов, В. И. Обризан, Я. В. Мирошниченко, О. В. Мельникова // Каталог аннотаций на разработки по материалам первого украинско-китайского форума «Наука – производство». – Харьков : ХНУРЭ, 2007. – С. 25–26.

268. SUM IP Core Generator for Solving Task for RKHS Series Summation / V. Hahanov, S. Chumachenko, D. Melnik, A. Taran // The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics proceedings of the 9th International Conference, February 19–24, 2007, Polyana, Ukraine. – Lviv, 2007. – P. 258–259.

269. Testability Analysis of the VHDL Structure for Fault Coverage Improving / V. I. Hahanov, M. A. Kaminska, O. Lavrova // Electronics and Electrical Engineering. – Kaunas, 2007. – № 2 (74). – P. 29–32.

270. Transactional Data Analysis of Electronic System Level Models / A. Adamov, V. Hahanov, D. Melnyk et al. // Proceedings of IEEE East-West Design and Test Symposium, September 7–10, 2007, Yerevan, Armenia. – Yerevan, 2007. – P. 745–748.

271. Verification Challenges of NoC Architectures / V. Hahanov, A. Yegorov, K. Mostovaya, E. Kovalev // The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics : proceedings of the 9th

International Conference, February 19–24, 2007, Polyana, Ukraine. – Lviv, 2007. – P. 266–269.

2008

Статті

272. Алгебро-логический метод ремонта встроенной памяти SOC / В. И. Хаханов, А. В. Хаханова, Е. И. Литвинова // Радиоэлектронные и компьютерные системы. – 2008. – № 6 (33). – С. 99–109.

273. Алгебрологический метод диагностирования дефектов SOC / В. И. Хаханов, А. В. Сушанов // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2008. – Вып. 142. – С. 4–13.

274. Алгоритм диагностирования Software модуля / В. И. Хаханов, А. А. Сушанов, М. Д. Давыдов, Е. И. Литвинова // Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития : сб. науч. тр. 3-го Междунар. радиоэлектрон. форума (МРФ'2008), 22–24 окт. 2008 г. – Харьков : ХНУРЭ, 2008. – С. 62–65.

275. Аналитический метод поиска дефектов в цифровых системах на кристаллах / В. И. Хаханов, А. А. Сушанов, А. В. Хаханова, С. В. Чумаченко // Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития : сб. науч. тр. 3-го Междунар. радиоэлектрон. форума (МРФ'2008), 22–24 окт. 2008 г. – Харьков : ХНУРЭ, 2008. – С. 52–55.

276. Аспекты синхронизации в системе верификации System-on-Chip на основе темпоральных ассерций / С. А. Зайченко, В. И. Хаханов // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2008. – Вып. 142. – С. 14–28.

277. Восстановление работоспособности встроенной памяти SOC / В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова, Н. И. Кульбакова // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2008. – № 4. – С. 120–127.

278. Диагностирование дефектов в цифровых системах на кристаллах / В. И. Хаханов, А. В. Сушанов, К. Ш. Краснояружская // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2008. – № 4. – С. 128–135.

279. Иерархический метод тестирования программных продуктов на основе использования ассерционных библиотек / В. И. Хаханов, М. А. Каминская, А. В. Сушанов // Радиоэлектроника и информатика. – 2008. – № 2 (41). – С. 28–40.

280. Инфраструктура диагностического обслуживания SoC / В. И. Хаханов // Вестн. Томского гос. ун-та. – 2008. – № 4 (5). – С. 74–101.

281. Модель тестирования программных и аппаратных компонентов цифровых систем на кристаллах / В. И. Хаханов, В. В. Баранник, К. Ш. Краснояружская, М. А. Каминская // Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития : сб. науч. тр. 3-го Междунар. радиоэлектрон. форума (МРФ'2008), 22–24 окт. 2008 г. – Харьков : ХНУРЭ, 2008. – С. 26–29.

282. Оценка тестопригодности программных и аппаратных продуктов / В. И. Хаханов, М. А. Каминская, С. В. Михтонюк, Р. С. Хван // Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития : сб. науч. тр. 3-го Междунар. радиоэлектрон. форума (МРФ'2008), 22–24 окт. 2008 г. – Харьков : ХНУРЭ, 2008. – С. 18–21.

283. Проблемы тестирования программно-аппаратных компонентов цифровых систем на кристаллах / В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова, В. И. Обризан // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2008. – Вып. 143. – С. 8–21.

284. Проектирование самотестируемых цифровых систем на основе аппаратной реализации мониторов темпоральных ассерций / С. А. Зайченко, В. И. Хаханов // АСУ и приборы автоматики. –2008. – Вып. 141. – С. 126–139.

285. Тестирование и верификация HDL-моделей компонентов SOC. I. / В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова, С. В. Чумаченко и др. // Радиоэлектроника и информатика. – Харьков, 2008. – № 3 (46). – С. 45–52.

286. Формальная семантика сложных операторов линейной темпоральной логики / С. А. Зайченко, В. И. Хаханов // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2008. – Вып. 145. – С. 13–28.

287. Algebra-logical diagnosis model for SoC F-IP / V. Hahanov, V. Obrizan, E. Litvinova, Ka Lok Man // WSEAS transactions on circuits and systems. – 2008. – Vol. 7. – P. 708–717.

288. Algebra-logical method of SoC embedded memory repair / V. I. Hahanov, S. V. Chumachenko, W. Gharibi, E. Litvinova // Proceedings of 15th International Conference Mixed Design of Integrated Circuits and Systems, June 19–21, 2008, Poznan, Poland. – IET, 2008. – P. 481–486.

289. Diagnosis and repair method of SoC memory / V. Hahanov, A. Hahanova, S. Chumachenko, S. Galagan // WSEAS transactions on circuits and systems. – 2008. – Vol. 7. – P. 698–707.

290. Diagnosis of SoC memory faulty cells for embedded repair / V. Hahanov, E. Litvinova, K. Krasnoyaruzhskaya, S. Galagan // Proceedings of IEEE East-West Design and Test International Symposium, October 9–12, 2008, Lviv, Ukraine. – Lviv, 2008. – P. 143–148.

291. Embedded method of SoC diagnosis / V. Hahanov, E. Litvinova, V. Obrizan, W. Gharibi // Elektronika ir Elektrotechnika. – 2008. – № 8. – P. 3–8.

292. Embedded SoC F-IP Diagnosis by Using Algebraic Logical Method / Vladimir Hahanov, Vladimir Obrizan, Eugenia Litvinova, Ka Lok Man // New aspects of circuits : proceedings of the 12th WSEAS International Conference on CIRCUITS, July 22–24, 2008, Heraklion, Greece. – WSEAS Press, 2008. – P. 261–266.

293. Fault Diagnosis and Repair of SoC Memory / Vladimir Hahanov, Eugenia Litvinova, Karina Mostovaya // Proceedings of the International Conference Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science – TCSET'2008, February 19–23, 2008, Slavske, Lviv, Ukraine. – Lviv, 2008. – P. 635–639.

294. General testing models of SOC hardware-software components / V. Hahanov, E. Litvinova, W. Gharibi // Radioelectronics & Informatics. – 2008. – № 1. – P. 88–95.

295. Optimization of memory faults coverage by spares / V. Hahanov, E. Litvinova, K. Mostovaya // Elektronika ir Elektrotechnika. – 2008. – № 8. – P. 17–22.

296. Overview of object-oriented approach to HDL-testbench construction for system-on-chips / V. Hahanov, D. Melnik, O. Zaharchenko, S. Zaychenko //

Proceedings of the International Conference Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science – TCSET'2008, February 19–23, 2008, Slavske, Lviv, Ukraine. – Lviv, 2008. – P. 621–625.

297. Technologies for hardware simulation and verification / V. Hahanov, A. Hahanova, V. Obrizan, K. Zaharov // Proceedings of the International Conference Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science – TCSET'2008, February 19–23, 2008, Slavske, Lviv, Ukraine. – Lviv, 2008. – P. 560–564.

298. Testing challenges of SoC hardware-software components / V. Hahanov, V. Obrizan, S. Miroshnichenko, A. Gorobets // Proceedings of IEEE East-West Design and Test International Symposium, October 9–12, 2008, Lviv, Ukraine. – Lviv, 2008. – P. 149–154.

299. Vector-logical diagnosis method for SoC functionalities / V. Hahanov, O. Guz, N. Kulbakova, M. Davydov // Proceedings of IEEE East-West Design and Test International Symposium, October 9–12, 2008, Lviv, Ukraine. – Lviv, 2008. – P. 159–162.

2009

Монографії та навчальні видання

300. Проектирование и тестирование цифровых систем на кристаллах / В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова, И. В. Хаханова, О. А. Гузь. – Харьков : ХНУРЭ, 2009. – 484 с.

Статті

301. Верификация HDL-кода на основе механизма ассерций / В. И. Хаханов, И. В. Хаханова, Е. И. Литвинова, О. А. Гузь // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2009. – № 6. – С. 38–51.

302. *Встроенное диагностирование цифровых систем / В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова, Ив Тиекура, С. С. Галаган // Гарантоспособные системы, сервисы и технологии (DeSSerT 2009) : материалы 4-й Междунар. науч.-техн. конф., 22–25 апр. 2009 г. – Кировоград, 2009.

303. Встроенное диагностирование цифровых систем / В. И. Хаханов, С. В. Чумаченко, Ив Тиекура, С. С. Галаган // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2009. – № 7 (41). – С. 314–318.

304. Диагностирование программных и аппаратных компонентов цифровых систем на кристаллах / В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова, О. А. Гузь, А. А. Победа // Интеллектуальные системы принятия решений и проблем вычислительного интеллекта : материалы междунар. науч. конф. (ISDMCI`09), 18–22 мая 2009 г., Евпатория. – Херсон, 2009. – Т. 1. – С. 225–230.

305. Инфраструктура логического анализа ассоциативных таблиц / В. И. Хаханов, О. А. Гузь, Ив Тиекура и др. // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2009. – Вып. 149. – С. 18–29.

306. Исследование процессов передачи данных в реальном режиме времени / А. В. Бабич, В. И. Хаханов, Мурад Али Аббас // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2009. – Вып. 147. – С. 4–8.

307. Клубная модель повышения качества образования / В. Хаханов, О. Вержанская, С. Чумаченко, Н. Хайрова // Повышение качества, надежности и долговечности технических систем и технологических процессов : материалы VIII Междунар. науч.-техн. конф., 6–13 дек. 2009 г., Хургада, Египет. – Хмельницкий, 2009. – С. 177–180.

308. Международное сотрудничество в науке как фактор повышения качества образования / В. И. Хаханов, С. В. Чумаченко, Е. И. Литвинова // Стратегия качества в промышленности и образовании : материалы V Междунар. конф., 6–13 июня 2009 г., Варна, Болгария. – Варна, 2009. – Т. 2. – С. 156–160.

309. Метод верификации HDL-кода на основе транзакционного логического графа / В. И. Хаханов, И. А. Побеженко, В. А. Василенко, С. В. Чумаченко // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2009. – Вып. 148. – С. 87–101.

310. *Метод восстановления работоспособности функциональных логических FPGA / В. И. Хаханов, О. А. Гузь, Ив Тиекура, О. В. Щерба // Компьютерные науки и информационные технологии : материалы Междунар. конф., Саратов, 1–4 июля 2009 г. – Саратов, 2009.

311. *Метод восстановления работоспособности цифровых систем на кристаллах на основе FPGA / В. И. Хаханов, А. В. Сушанов, О. А. Гузь, А. А. Горобец // Гарантоспособные системы, сервисы и технологии (DeSSerT 2009) : материалы 4-й Междунар. науч.-техн. конф., 22–25 апр. 2009 г. – Кировоград, 2009.

312. Метод восстановления работоспособности цифровых систем на кристаллах на основе FPGA / В. И. Хаханов, А. В. Сушанов, О. А. Гузь,

А. А. Горобец // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2009. – № 7 (41). – С. 309–313.

313. *Метод минимального покрытия конфигурируемых логических блоков резервными компонентами / В. Хаханов, С. Чумаченко, Е. Литвинова, О. Захарченко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2009.

314. Модели и методы тестирования современных цифровых систем на кристаллах / В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова, Нгене Кристофер Умерах // Гарантоспособные системы, сервисы и технологии (DeSSerT 2009) : материалы 4-й Междунар. науч.-техн. конф., 22–25 апр. 2009 г. – Кировоград, 2009. – С. 319–323.

315. *Сервисное обслуживание компонентов SIP / В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова, Нгене Кристофер Умерах, А. А. Победа // Труды академии военных наук. – 2009.

316. Сервисное обслуживание современных цифровых систем на кристаллах / В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова, Нгене Кристофер Умерах // Радіоелектронні і комп’ютерні системи. – 2009.– № 7 (41). – С. 319–323.

317. Структурные и функциональные характеристики дескрипторных нейронных сетей / А. А. Руткас, В. И. Хаханов // Радиоэлектроника и информатика. – 2009. – № 1. – С. 37–46.

318. Тестирование и верификация HDL-моделей компонентов SOC. I / В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова, С. В. Чумаченко и др. // Радиоэлектроника и информатика. – 2009. – № 3. – С. 45–52.

319. Тестирование и верификация HDL-моделей компонентов SOC. II / В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова, И. А. Побеженко, Ив Тиекура // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2009. – Вып. 148. – С. 26–37.

320. *Технологии сервисного обслуживание компонентов SIP / В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова, О. В. Щерба, А. А. Победа // Компьютерные науки и информационные технологии : материалы Междунар. конф., Саратов, 1–4 июля 2009 г.

321. Технология покрытия дефектных блоков резервными компонентами / В. И. Хаханов, С. В. Чумаченко, Е. И. Литвинова, О. В. Захарченко // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2009. – Вып. 147. – С. 52–64.

322. *Элитное образование – модель высшей школы будущего / В. И. Хаханов // Нова педагогічна думка. – 2009. – С. 368–376.

323. Элитное образование – модель высшей школы будущего / В. И. Хаханов // Проблеми управління якістю підготовки фахівців в умовах інтеграції в міжнародний освітній простір : матеріали 9-ї Міжнар. наук.-метод. конф. – Рівне, 2009. – С. 6–8.

324. Энергосберегающие технологии для программно-аппаратной имплементации систем вычислительного интеллекта / В. И. Хаханов, Нгене Кристофер Умерах, Ив Тиекура // Интеллектуальные системы принятия решений и проблем вычислительного интеллекта : материалы междунар. науч. конф. (ISDMCI’09), 18–22 мая 2009 г., Евпатория. – Херсон, 2009. – Т. 2. – С. 439–458.

325. Algebra-Logical Diagnosis and Repair Method for SoC Memory / V. Hahanov, E. Litvinova, O. Guz, Yves Tiecoura // Proc. of IFAC Discrete-Event

System Design, October 6–8, 2009, Gandia, Valencia, Spain. – Gandia, 2009. – P. 15–20.

326. Algebra-Logical Fault Diagnosis Method for SOC Functional Blocks / V. Hahanov, S. Chumachenko, W. Gharibi, Ngiene Christopher Umerah // Proc. of IFAC Discrete-Event System Design, October 6–8, 2009, Gandia, Valencia, Spain. – Gandia, 2009. – P. 44–50.

327. Algebra-Logical Repair Method for FPGA Logic Blocks / Vladimir Hahanov, Eugenia Litvinova, Wajeb Gharibi, Olesya Guz // Radioelectronics & Informatics. – 2009. – № 2 (45). – P. 49–56.

328. Algebra-Logical Repair Method for FPGA Logic Blocks / V. Hahanov, S. Galagan, V. Olchovoy, A. Priymak // Proc. of IEEE East-West Design and Test Symposium, September 18–21, 2009, Moscow, Russia. – Moscow, 2009. – P. 364–368.

329. Brain-like Computer Structures / V. Hahanov, S. Chumachenko, Ngiene Christopher Umerah, Yves Tiecoura // Радиоэлектроника и информатика. – 2009. – № 4. – С. 30–40.

330. Coverage Method for FPGA Fault Logic Blocks by Spares / V. Hahanov, E. Litvinova, W. Gharibi, O. Guz // Proc. of IEEE East-West Design and Test Symposium, September 18–21, 2009, Moscow, Russia. – Moscow, 2009. – P. 43–47.

331. Descriptor neural networks with arbitrary characteristic index / V. Hahanov, A. Rutkas // Proceedings of the 10th International Conference CADSM 2009, February 24–28, 2009, Polyana, Ukraine. – Lviv, 2009. – P. 305–308.

332. Embedded Diagnosis and Repairing of SOC Memory / V. Hahanov, E. Litvinova, Ngene Christopher Umerah, O. Guz // Proceedings of the 10th International Conference CADSM 2009, February 24–28, 2009, Polyana, Ukraine. – Lviv, 2009. – P. 296–300.

333. Embedded Memory Repair Technique for SOC / V. Hahanov, E. Litvinova, Wajeb Gharibi, Olesya Guz // Proceedings of the 15th International Conference on Information and Software Technologies (ICIST'2009), April 23–24, , 2009, Lithuania. – Kaunas, 2009. – P. 131–138.

334. Embedded method of SoC memory repairing / V. Hahanov, W. Gharibi, K. Mostovaya // Elektronika ir Elektrotechnika. – 2009. – № 2. – P. 55–60.

335. Embedded Testing for SOC Functionality / V. Hahanov, S. Pokrova, Yves Tiecoura, A. Gorobets // Proceedings of the 10th International Conference CADSM 2009, February 24–28, 2009, Polyana, Ukraine. – Lviv, 2009. – P. 29–33.

336. IP-Infrastructure Learning for SoC Service / V. Hahanov, O. Guz, W. Gharibi, Yves Tiecoura // Стратегия качества в промышленности и образовании : материалы V Междунар. конф., 6–13 июня 2009 г., Варна, Болгария. – Варна, 2009. – Т. 2. – С. 187–193.

337. SoC Design Quality Increasing by Using Assertion Engine / V. Hahanov, I. Hahanova, E. Litvinova et al. // Повышение качества, надежности и долговечности технических систем и технологических процессов : материалы VIII Междунар. науч.-техн. конф., 6–13 дек. 2009 г., Хургада, Египет. – Хмельницкий, 2009. – С. 124–126.

338. SoC Faulty Cells Embedded Repair by Using Coverage Method / V. Hahanov, O. Zakharchenko, S. Chumachenko, E. Litvinova // Повышение качества, надежности и долговечности технических систем и технологических процессов : материалы VIII Междунар. науч.-техн. конф., 6–13 дек. 2009 г., Хургада, Египет. – Хмельницкий, 2009. – С. 127–129.

339. System in Package. Diagnosis and Embedded Repair / V. Hahanov, A. Sushanov, Y. Stepanova, A. Gorobets // Proc. of IEEE East-West Design and Test Symposium, September 18–21, 2009, Moscow, Russia. – Moscow, 2009. – P. 348–352.

340. System-in-Package Yield Increasing by Infrastructure-IP Implementation / V. Hahanov, W. Gharibi, E. Litvinova, O. Guz // Повышение качества, надежности и долговечности технических систем и технологических процессов : материалы VIII Междунар. науч.-техн. конф., 6–13 дек. 2009 г., Хургада, Египет. – Хмельницкий, 2009. – С. 121–123.

341. Technology for Faulty Blocks Coverage by Spares / V. Hahanov, S. Chumachenko, E. Litvinova et al. // Proc. of IFAC Discrete-Event System Design, October 6–8, 2009, Gandia, Valencia, Spain. – Gandia, 2009. – P. 353–359.

342. Testing and Verification of HDL-models for SoC components / V. Hahanov, I. Hahanova, Ngiene Christipher Umerah, Yves Tiecoura // Proc. of IEEE East-West Design and Test Symposium, September 18–21, 2009, Moscow, Russia. – Moscow, 2009. – P. 48–53.

343. Vector-logical approach to diagnosis of SOC components / Vladimir Hahanov, Vasilina Vasilenko, Natalya Kulbakova, Wajeb Gharibi // Proceedings of the 10th International Conference CADSM 2009, February 24–28, 2009, Polyana, Ukraine. – Lviv, 2009. – P. 301–304.

2010

Монографії та навчальні видання

344. Инфраструктура мозгоподобных вычислительных процессов / М. Ф. Бондаренко, В. И. Хаханов, О. А. Гузь, Ю. П. Шабанов-Кушнаренко. – Харьков : ХНУРЭ, 2010. – 160 с.

345. Проектирование и верификация цифровых систем на кристаллах. Verilog & System Verilog / В. И. Хаханов, И. В. Хаханова, Е. И. Литвинова, О. А. Гузь. – Харьков : ХНУРЭ, 2010. – 526 с.

Статті

346. Алгебра для анализа векторно-логического пространства с помощью мультипроцессорного компьютера / В. И. Хаханов, С. В. Чумаченко, Ив Тиекура, А. С. Мищенко // Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту : матеріали міжнар. наук. конф., 17–21 трав. 2010 р., Євпаторія. – Херсон : ХНТУ, 2010. – С. 414–418.

347. Архитектура логического ассоциативного мультипроцессора / В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова, Нгене Кристофер Умерах, И. А. Побеженко // Автоматизация проектирования дискретных систем : материалы 7-й Междунар. конф., 16–17 нояб. 2010 г. – Минск, 2010. – С. 34–44.

348. Архитектура логического ассоциативного мультипроцессора / В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова // Тези доп. 17-ї Міжнар. конф. з автоматичного управління «Автоматика–2010», 27–29 верес. 2010 р. – Харків, 2010. – Т. 2. – С. 139–141.

349. Инфраструктура анализа логических ассоциативных отношений / М. Ф. Бондаренко, В. И. Хаханов, И. А. Лещинская, Н. Е. Русаков // Радиоэлектроника и информатика. – 2010. – № 1. – С. 38–49.

350. Инфраструктура векторно-логического анализа / В. И. Хаханов, С. В. Чумаченко // Тези доп. 17-ї Міжнар. конф. з автоматичного управління «Автоматика–2010», 27–29 верес. 2010 р. – Харків, 2010. – Т. 2. – С. 142–143.

351. Инфраструктура вычислительного процесса на основе векторных логических операций / В. И. Хаханов, С. В. Чумаченко, Ив Тиекура, В. А. Василенко // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2010. – Вып. 153. – С. 4–12.

352. Инфраструктура диагностирования вредоносных программ в индивидуальном кибернетическом пространстве / В. И. Хаханов, С. В. Чумаченко, А. С. Мищенко и др. // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2010. – Вып. 153. – С. 19–32.

353. Инфраструктура логического ассоциативного мультипроцессора для анализа информационного пространства / В. И. Хаханов // Компьютерное моделирование в наукоемких технологиях : тр. науч.-техн. конф. с междунар. участием / ХНУ им. В. Н. Каразина. – Харьков, 2010. – Ч. 1. – С. 332–336.

354. Инфраструктура мозгоподобных вычислительных процессов / В. И. Хаханов // Тези доп. 17-ї Міжнар. конф. з автоматичного управління «Автоматика–2010», 27–29 верес. 2010 р. – Харків, 2010. – Т. 2. – С. 137–139.

355. Инфраструктура мозгоподобных неарифметических вычислений / В. И. Хаханов, С. В. Чумаченко, Ив Тиекура, О. А. Гузь // Актуальные вопросы развития инновационной деятельности : материалы XV Междунар.

науч.-практ. конф., 17–21 мая 2010 г., Алушта. – Симферополь, 2010. – С. 69–75.

356. Инфраструктура саморазвивающегося компьютерного социума / В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова, Нгене Кристофер Умерах // Актуальные вопросы развития инновационной деятельности : материалы XV Междунар. науч.-практ. конф., 17–21 мая 2010 г., Алушта. – Симферополь, 2010. – С. 60–68.

357. Логический ассоциативный анализ информации / В. И. Хаханов, С. В. Чумаченко, Ив Тиекура, В. А. Василенко // Автоматизация проектирования дискретных систем : материалы 7-й Междунар. конф., 16–17 нояб. 2010 г. – Минск, 2010. – С. 23–33.

358. Логический векторный анализ ассоциативных таблиц / В. И. Хаханов, С. В. Чумаченко, Е. И. Литвинова // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2010. – Вып. 151. – С. 52–62.

359. Логический метод поиска дефектов по таблице неисправностей / В. И. Хаханов, Ив Тиекура // Радиоэлектроника и информатика. – 2010. – № 3. – С. 43–45.

360. Метрика алгебры векторной логики для кибернетического пространства / В. И. Хаханов, А. С. Мищенко, В. В. Вареца // Радиоэлектроника и информатика. – 2010. – № 3. – С. 39–42.

361. Метрика векторно-логического пространства и ее практическое применение / В. И. Хаханов, И. В. Хаханова, Ив Тиекура, Нгене Кристофер Умерах // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті

MINTT-2010 : матеріали конф., 25–27 трав. 2010 р. – Херсон, 2010. – С. 247–250.

362. Метод неопределенных коэффициентов минимизации булевых функций с использованием сложной процесс-модели / В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова, В. А. Василенко, А. Сушанов // Стратегия качества в промышленности и образовании : сб. тр. VI Междунар. конф., 4–11 июня 2010 г., Варна, Болгария. – Днепропетровск ; Варна, 2010. – С. 654–657.

363. Модель логического вычислителя для анализа ассоциативных таблиц / М. Ф. Бондаренко, В. И. Хаханов // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2010. – Вып. 150. – С. 4–18.

364. Мультипроцессорная архитектура параллельного решения ассоциативно-логических задач / В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова, О. А. Гузь, Нгене Кристофер Умерах // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 2010. – № 4. – С. 42–50.

365. Мультипроцессорная инфраструктура анализа информационного пространства / В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова, И. А. Побеженко, Нгене Кристофер Умерах // Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту : матеріали міжнар. наук. конф., 17–21 трав. 2010 р., Євпаторія. – Херсон : ХНТУ, 2010. – С. 409–413.

366. Н-метод минимизации булевых функций / В. И. Хаханов, С. В. Чумаченко, Е. И. Литвинова, А. С. Мищенко // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті MINTT–2010 : матеріали конф., 25–27 трав. 2010 р. – Херсон, 2010. – С. 251–255.

367. Параллельные мультипроцессорные процесс-модели векторно-логического анализа / В. И. Хаханов, С. В. Чумаченко, А. В. Хаханова, Ив Тиекура // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 2010. – № 4. – С. 51–57.

368. Применение искусственных нейронных сетей для диагностирования цифровых систем / В. И. Хаханов, О. В. Щерба // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2010. – № 5 (46). – С. 208–213.

369. Пример определения тестопригодности цифрового проекта / В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова, И. А. Побеженко, Ив Тиекура // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2010. – № 6 (47). – С. 292–297.

370. Процесс модели анализа ассоциативных структур данных / В. И. Хаханов, О. А. Гузь, Нгене Кристофер Умерах, В. Ольховой // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2010. – Вып. 152. – С. 21–26.

371. Структуры данных и модели реализации базовых элементов модели динамических регистровых очередей / С. А. Зайченко, В. И. Хаханов, С. В. Чумаченко // Радиоэлектроника и информатика. – 2010. – № 1. – С. 63–70.

372. Структуры таблиц данных для cyber-space / В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова, А. Приймак // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2010. – Вып. 151. – С. 63–69.

373. Тестирование и верификация HDL-моделей цифровых систем на кристаллах / В. И. Хаханов, И. В. Хаханова, Е. И. Литвинова, О. А. Гузь // Электронное моделирование. – 2010. – Т. 32, № 2. – С. 31–39.

374. Технология тестирования и верификации системных HDL-моделей / В. И. Хаханов, О. А. Гузь, И. А. Побеженко, Нгене Кристофер Умерах // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2010. – № 6 (47). – С. 205–211.

375. Эволюция кибернетического пространства / В. И. Хаханов, А. В. Хаханова, В. Закарян // Радиоэлектроника и информатика. – 2010. – № 2. – С. 63–69.

376. Brain-like infrastructure for Embedded SoC diagnosis / V. Hahanov, Wajeb Gharibi, O. Guz // Proceedings of the 2010 IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics (AQTR 2010) – THETA 17th Edition, May 28–30, 2010, Cluj-Napoca, Romania. – Cluj-Napoca, 2010. – P. 9–13.

377. Coverage method for FPGA fault logic blocks by spares / Vladimir Hahanov, Eugenia Litvinova, Wajeb Gharibi, Olesya Guz // Proceedings of the IEEE East-West Design and Test Symposium (EWDTS'2010), September 17–20, 2010, Saint Petersburg, Russia. – Piscataway, NJ : IEEE, 2010. – P. 51–56.

378. Cyber space and brain-like computing / V. Hahanov, W. Gharibi, E. Litvinova, S. Chumachenko // Proceedings of the IEEE East-West Design and Test Symposium (EWDTS'2010), September 17–20, 2010, Saint Petersburg, Russia. – Piscataway, NJ : IEEE, 2010. – P. 98–109.

379. Cyber space evolution / V. Hahanov, A. Hahanova, V. Zakaryan // Proceedings of the IEEE East-West Design and Test Symposium (EWDTS'2010), September 17–20, 2010, Saint Petersburg, Russia. – Piscataway, NJ : IEEE, 2010. – P. 208–214.

380. Logical analysis of information in tabular form / V. Hahanov, S. Chumachenko, E. Litvinova // Proceedings of the International conference on computational technologies in electrical and electronics engineering «Sibircon–2010», July 11–15, 2010, Irkutsk, Russia. – Irkutsk, 2010. – P. 72–79.

381. Logical method for detecting faults by fault detection table / V. Hahanov, I. Pobizhenko, Yves Tiecoura // Proceedings of the IEEE East-West Design and Test Symposium (EWDTS'2010), September 17–20, 2010, Saint Petersburg, Russia. – Piscataway, NJ : IEEE, 2010. – P. 215–217.

382. Logic associative multiprocessor for information analysis / V. I. Hahanov, W. Gharibi, E. I. Litvinova et al. // Proceedings of the 12th Biennial Baltic Electronics Conference (BEC2010) October 4–6, 2010, Tallinn, Estonia. – Tallinn University of Technology, 2010. – P. 169–172.

383. Logic vector analysis of associative tables / Vladimir Hahanov, Svetlana Chumachenko, Eugenia Litvinova // Proceedings of the 11th International Workshop on Symbolic and Numerical Methods, Modeling and Applications to Circuit Design (SM2ACD 2010), October 4–6, 2010, Gammarth, Tunisia. – IEEE, 2010. – P. 1–6.

384. Metrics of vector logic algebra for cyber space / V. Hahanov, A. Mishenko, V. Varetsa // Proceedings of the IEEE East-West Design and Test Symposium (EWDTS'2010), September 17–20, 2010, Saint Petersburg, Russia. – Piscataway, NJ : IEEE, 2010. – P. 204–207.

385. Models and methods for verification and diagnosis of SoC HDL-code / V. Hahanov, Wajeb Gharibi, E. Litvinova, S. Chumachenko // Radioelektroniks and informatics. – 2010. – № 4. – P. 36–46.

386. Process models for analyzing associative data structures / V. Hahanov, O. Guz, Ngene Christopher Umerah, V. Olhovoy // Proceedings of the IEEE East-West Design and Test Symposium (EWDTS'2010), September 17–20, 2010, Saint Petersburg, Russia. – Piscataway, NJ : IEEE, 2010. – P. 123–126.

387. Security risks and modern cyber security technologies for corporate networks / A. Adamov, V. Hahanov, Wajeb Gharibi // Radioelektroniks and informatics. – 2010. – № 4. – P. 31–35.

388. Security risks in hardware: Implementation and detection problem / A. Adamov, V. Hahanov // Proceedings of the IEEE East-West Design and Test Symposium (EWDTS'2010), September 17–20, 2010, Saint Petersburg, Russia. – Piscataway, NJ : IEEE, 2010. – P. 425–427.

389. SoC design verification infrastructure / W. Gharibi., V. Hahanov // Proceedings of the 11th International Workshop on Symbolic and Numerical Methods, Modeling and Applications to Circuit Design (SM2ACD 2010), October 4–6, 2010, Gammarth, Tunisia. – IEEE, 2010. – P. 1–6.

390. SoC verification infrastructure / V. Hahanov, E. Litvinova, I. Pobizhenko // Proceedings of the International conference on computational technologies in electrical and electronics engineering «Sibircon–2010», July 11–15, 2010, Irkutsk, Russia. – Irkutsk, 2010. – P. 80–85.

391. Table data structures for cyber space / V. Hahanov, E. Litvinova, A. Priymak // Proceedings of the IEEE East-West Design and Test Symposium (EWDTS'2010), September 17–20, 2010, Saint Petersburg, Russia. – Piscataway, NJ : IEEE, 2010. – P. 118–122.

392. Vector logic analysis of associative matrices / V. Hahanov, Wajeb Gharibi, S. Chumachenko, E. Litvinova // Proceedings of the IEEE East-West Design and Test Symposium (EWDTS'2010), September 17–20, 2010, Saint Petersburg, Russia. – Piscataway, NJ : IEEE, 2010. – P. 110–117.

Методичні матеріали

393. Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни «Синтез цифрових систем на кристалі» для студентів усіх форм навчання напряму 6.050102 «Комп'ютерна інженерія» [Електронний ресурс] / упоряд. В. І. Хаханов, Є. І. Литвинова ; ХНУРЕ. – Харків, 2010. – 14 с. – Режим доступу : libsearch.kture.kharkov.ua/ftplib/2014/Metodichne_zabez/APOT/bakalavr/SThS/Ms_SThS_2010.pdf.

2011

Статті

394. Актуальные проблемы анализа киберпространства / Ив Тиекура, С. В. Чумаченко, В. И. Хаханов // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2011. – Вып. 154. – С. 59–76.

395. Анализ киберпространства и диагностирование функциональных модулей / Ив Тиекура, В. И. Хаханов, С. В. Чумаченко, Е. И. Литвинова // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2011. – Вып. 155. – С. 4–14.

396. Генерирование булеана для синтеза квантового процессора / В. И. Хаханов, С. В. Чумаченко, О. А. Горобец, Мурад Али Аббас // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2011. – Вып. 157. – С. 4–16.

397. Диагностирование модулей программно-аппаратных систем / В. И. Хаханов, С. А. Зайченко, С. В. Чумаченко и др. // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2011. – №. 4. – С. 47–55.

398. Диагностирование модулей программно-аппаратных систем / В. И. Хаханов, С. А. Зайченко, С. В. Чумаченко и др. // Перспективные компьютерные, управляющие и телекоммуникационные системы для железнодорожного транспорта Украины : материалы 23-й междунар. конф., 23–29 сент. 2011 г., Алушта. – Алушта, 2011. – С. 47–55.

399. Инфраструктура анализа и информационной безопасности киберпространства / В. И. Хаханов, С. В. Чумаченко, Е. И. Литвинова и др. // Радиоэлектроника и информатика. – 2011. – № 2. – С. 40–60.

400. Инфраструктура анализа и информационной безопасности киберпространства / В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова // Зб. матеріалів II Всеукр. наук.-техн. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених, 11–13 квіт. 2011 р. – Донецьк, 2011. – С. 27–32.

401. Инфраструктура диагностирования программно-аппаратных систем / В. И. Хаханов, С. В. Чумаченко, Е. И. Литвинова, О. А. Гузь // Радиоэлектроника. Информатика. Управление. – Запорожье , 2011. – № 1 (24). – С. 129–138.

402. Инфраструктура программного продукта в Cyber Space / В. И. Хаханов, С. В. Чумаченко, А. С. Адамов // Наука и социальные проблемы общества: информатизация и информационные технологии : сб. науч. тр. VI Междунар. науч.-практ. конф., 24–25 мая 2011 г. – Харьков : ХНУРЭ, 2011. – С. 385–386.

403. Квантовые модели вычислительных процессов / В. И. Хаханов, Мурад Али А., Е. И. Литвинова и др. // Радиоэлектроника и информатика. – 2011. – № 3. – С. 35–40.

404. Логический ассоциативный вычислитель / В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова, С. В. Чумаченко, О. А. Гузь // Электронное моделирование. – 2011. – Т. 33, № 1. – С. 73–89.

405. Матричный метод поиска функциональных нарушений / В. И. Хаханов, А. В. Хаханова, Нгене Кристофер Умерах // Наука и социальные проблемы общества: информатизация и информационные технологии : сб. науч. тр. VI Междунар. науч.-практ. конф., 24–25 мая 2011 г. – Харьков : ХНУРЭ, 2011. – С. 393–394.

406. Метрика и критерии анализа киберпространства / В. И. Хаханов, И. В. Хаханова, О. А. Гузь и др. // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2011. – Вып. 156. – С. 90–98.

407. Метрика кибернетического пространства / В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова, О. Б. Скворцова // Наука и социальные проблемы общества: информатизация и информационные технологии : сб. науч. тр. VI Междунар. науч.-практ. конф., 24–25 мая 2011 г. – Харьков : ХНУРЭ, 2011. – С. 389–390.

408. Модели генерации тестов и методы диагностирования SoC-компонентов / Нгене Кристофер Умерах, Е. И. Литвинова, В. И. Хаханов, Ив Тиекура // Радиоэлектроника и информатика. – 2011. – № 1. – С. 64–74.

409. Модели и методы верификации и диагностирования SoC HDL-кода / Нгене Кристофер Умерах, В. И. Хаханов, С. А. Зайченко и др. // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2011. – Вып. 154. – С. 11–32.

410. Модели SOC инфраструктуры радиочастотной идентификации с кодовым разделением каналов / И. В. Филиппенко, В. И. Хаханов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – № 3/3. – С. 4–7.

411. Мультиматричный процессор бинарных операций / В. И. Хаханов, Ю. В. Хаханова, О. В. Щерба // Наука и социальные проблемы общества: информатизация и информационные технологии : сб. науч. тр. VI Междунар. науч.-практ. конф., 24–25 мая 2011 г. – Харьков : ХНУРЭ, 2011. – С. 387–388.

412. Мультипроцессор для анализа информационного пространства. 1. Архитектура логического ассоциативного мультипроцессора / В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова // Вестник Томского государственного университета. – 2011. – № 1. – С. 95–108.

413. Мультипроцессор для анализа информационного пространства. 2. Инфраструктура векторно-логического анализа / В. И. Хаханов, С. В. Чумаченко // Вестник Томского государственного университета. – 2011. – № 2. – С. 108–116.

414. Повышение тестопригодности критических систем управления / К. Е. Герасименко, В. И. Хаханов // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2011. – Вып. 157. – С. 107–116.

415. Эволюционная модель киберпространства / В. И. Хаханов, С. В. Чумаченко, А. С. Мищенко, Ив Тиекура // Наука и социальные проблемы общества: информатизация и информационные технологии : сб. науч. тр. VI Междунар. науч.-практ. конф., 24–25 мая 2011 г. – Харьков : ХНУРЭ, 2011. – С. 383–384.

416. A diagnostic model for detecting functional violation in HDL-code of SoC / Ngene Christopher Umerah, V. Hahanov // Proc. of IEEE East-West Design and Test Symposium, September 19–20, 2011. – Sevastopol, 2011. – P. 299–302.

417. Algebra-logical method of fault diagnosis / V. Hahanov, Yves Tiecoura, A. Pashchenko, V. Olhovoy // Матеріали XI Міжнар. наук.-техн. конф. CADSM 2011, 23–25 лют. 2011 р., Поляна, Україна. – Львів, 2011. – С. 186–187.

418. A security model of individual cyberspace / A. Adamov, V. Hahanov // Proc. of IEEE East-West Design and Test Symposium, September 19–20, 2011. – Sevastopol, 2011. – P. 169–172.

419. Associative logical information analysis for cyber space / W. Gharibi, V. Hahanov, E. Litvinova // Матеріали XI Міжнар. наук.-техн. конф. CADSM 2011, 23–25 лют. 2011 р., Поляна, Україна. – Львів, 2011. – С. 190–199.

420. Cybercomputer for information space analysis / V. Hahanov, Wajeb Gharibi, Dong Won Park, E. Litvinova // Proc. of IEEE East-West Design and Test Symposium, September 19–20, 2011. – Sevastopol, 2011. – P. 66–71.

421. Diagnosis infrastructure of software-hardware systems / Yves Tiecoura, V. Hahanov, O. Alnahhal et al. // Proc. of IEEE East-West Design and Test Symposium, September 19–20, 2011. – Sevastopol, 2011. – P. 84–89.

422. East-West Design and Test Symposium / V. Hahanov // Design and test of Computers. – 2011. – № 6. – P. 94–95.

423. Information analysis infrastructure for diagnosis / V. Hahanov, W. Gharibi, E. Litvinova, S. Chumachenko // Information an international interdisciplinary journal. – 2011. – Vol. 14, № 7. – P. 2419–2433.

424. Infrastructure for analyzing information in a vector discrete space / V. Hahanov, E. Litvinova, Wajeb Gharibi // First international workshop Criss-Dessert 2011, May 11–13, 2011, Kirovograd. – Kharkiv, 2011. – P. 113–122.

425. Infrastructure for testing and diagnosing multimedia devices / V. Hahanov, K. Mostovaya, A. Pashenko // Proc. of IEEE East-West Design and Test Symposium, September 19–20, 2011. – Sevastopol, 2011. – P. 394–399.

426. Infrastructure intellectual property for SoC simulation and diagnosis service / V. Hahanov // Design of digital systems and devices / eds. M. Adamski, A. Barkalov, M. Węgrzyn. – Berlin ; Heidelberg : Springer, 2011. – P. 289–330. – (Lecture Notes in Electrical Engineering ; vol. 79).

427. Metrics of vector logic algebra for cyber space / V. Hahanov, S. Chumachenko, K. Mostovaya // Матеріали XI Міжнар. наук.-техн. конф. CADSM 2011, 23–25 лют. 2011 р., Поляна, Україна. – Львів, 2011. – С. 183–185.

428. Metrics of vector logic algebra for cyber space / V. Hahanov, S. Chumachenko, K. Mostovaya // Radioelektroniks and informatics. – 2011. – № 4. – P. 11–14.

429. Process models for analyzing associative data ctructures / V. Hahanov, O. Guz, Ngene Christopher Umerah // Матеріали XI Міжнар. наук.-техн. конф. CADSM 2011, 23–25 лют. 2011 р., Поляна, Україна. – Львів, 2011. – С. 344–347.

430. Spam diagnosis infrastructure for individual cyberspace / V. Hahanov, A. Mishenko, S. Chumachenko et al. // Proc. of IEEE East-West Design and Test Symposium, September 19–20, 2011. – Sevastopol, 2011. – P. 161–168.

431. Testing and diagnosis of bad messages in individual cyber space / V. Hahanov, S. Chumachenko, A. Mischenko // Radioelektroniks and informatics. – 2011. – № 4. – P. 64–71.

432. Verification and diagnosis of SoC HDL-code / V. Hahanov, Dong Won Park, O. Guz et al. // Proc. of IEEE East-West Design and Test Symposium, September 19–20, 2011. – Sevastopol, 2011. – P. 72–83.

2012

Статті

433. Зеленая волна – облако мониторинга и управления дорожным движением (Green Wave Traffic on Cloud) / В. И. Хаханов, М. Ф. Бондаренко, И. П. Энглези и др. // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2012. – Вып. 160. – С. 4–21.

434. Инфраструктура встроенного восстановления логических PLD-схем / В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова, И. В. Хаханова, Мурад Али Аббас // Радиоэлектроника и информатика. – 2012. – № 2. – С. 54–57.

435. Инфраструктура диагностирования программно-аппаратных систем / В. И. Хаханов, С. В. Чумаченко, О. А. Гузь, Е. И. Литвинова // Радіоелектроніка. Інформатика. Управління. – 2012. – № 1 (26). – С. 134–140.

436. Инфраструктура PenTestING и управления уязвимостью / В. И. Хаханов, Anders Carlsson, С. В. Чумаченко // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2012. – Вып. 160. – С. 36–54.

437. Квантовые модели данных и вычислительных процессов / В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова, И. В. Хаханова и др. // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2012. – № 6 (58). – С. 47–52.

438. Квантовые технологии реализации мозгоподобных вычислительных структур акдемика В. М. Глушкова / М. Ф. Бондаренко, В. И. Хаханов // Автоматика – 2012 : матеріали XIX Міжнар. конф. з автоматичного управління, 26–28 верес. 2012 р. – Київ, 2012. – С. 32–33.

439. Квантовые технологии тестирования и ремонта цифровых систем на кристаллах / В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова, С. В. Чумаченко и др. // АСУ и приборы автоматики. – 2012. – Вып. 158. – С. 18–35.

440. Кубит-процессор для задач оптимального покрытия / В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова, С. В. Чумаченко, О. А. Гузь // Информационные системы и технологии : материалы междунар. науч.-техн. конф., 22–29 сент. 2012 г., Морское – Харьков. – Харьков : НТМТ, 2012. – С. 72–73.

441. Метод приращений для повышения тестопригодности логических схем управления критическими системами / К. Е. Герасименко, В. И. Хаханов // Радиоэлектроника и информатика. – 2012. – № 3. – С. 45–52.

442. Методы высокоуровневого и логического моделирования в САПР СБИС / В. И. Хаханов, Мурад Али Аббас, Багхдади Аммар Авни Аббас, И. В. Хаханова // Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем – 2012 : материалы V Всерос. науч.-техн. конф., 8–12 окт. 2012 г., Москва, Россия. – Москва, 2012. – С. 529–534.

443. Модели анализа эффективности вычислительных структур / В. И. Хаханов, С. В. Чумаченко, Мурад Али Аббас и др. // Радиоэлектроника и информатика. – 2012. – № 3. – С. 4–11.

444. Модели встроенного ремонта логических блоков / В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова, И. В. Хаханова, Мурад Али Аббас // Радіоелектроніка. Інформатика. Управління. – 2012. – № 2. – С. 122–129.

445. Модели и методы диагностирования цифровых систем на кристаллах / В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова, С. В. Чумаченко, О. А. Гузь // Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем – 2012 : материалы V Всерос. науч.-техн. конф., 8–12 окт. 2012 г., Москва, Россия. – Москва, 2012. – С. 22–29.

446. Модели управления уязвимостью / С. А. Бутенко, В. И. Хаханов, Anders Carlsson, С. В. Чумаченко // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2012. – Вып. 161. – С. 10–24.

447. Обоснование контролепригодности многоразрядной логики защит в критических системах управления / В. И. Хаханов, К. Е. Герасименко // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2012. – Вып. 160. – С. 54–59.

448. Синтез кубитных моделей логических функций / В. Хаханов, Багхдади Аммар Авни Аббас, О. Гузь, И. Хаханова // Proceedings of the 4th International Conference «Telecommunications, Electronics and Informatics» ICTEI 2012, May 17–20, 2012, Chisinau, Moldova. – Kishnew, 2012. – P. 56–61.

449. Структура логического ассоциативного мультипроцессора / М. Ф. Бондаренко, В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова // Автоматика и телемеханика. – 2012. – № 10. – С. 71—92.

450. Технологии восстановления работоспособности мультипроцессорных систем на кристаллах / В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова, Мурад Али Аббас и др. // АСУ и приборы автоматики. – 2012. – Вып. 159. – С. 4–14

451. Assertion Based Method of Functional Defects for Diagnosing and Testing Multimedia Devices / V. Hahanov, K. Mostova, O. Paschenko // Proc. of 10th East-West Design & Test Symposium, September 14–17, 2012, Kharkov, Ukraine. – Kharkov, 2012. – P. 465–469.

452. Fault detection of system level SoC model / V. Hahanov, E. Litvinova, Wajeb Gharibi, Yu. Hahanova // Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій, комп'ютерної інженерії : матеріали XI Міжнар. конф. TCSET'2012, присвяч. 60-річчю заснування радіотехн. ф-ту у Львівській політехніці, 21–24 лют. 2012 р., Львів – Славське. – Львів, 2012. – С. 290.

453. Internet of things: a practical implementation based on a wireless sensor network approach / V. Hahanov, A. Mischenko, Michele Mercaldi et al. // Proc. of 10th East-West Design & Test Symposium, September 14–17, 2012, Kharkov, Ukraine. – Kharkov, 2012. – P. 486–488.

454. Models for Embedded Repairing Logic Blocks / V. Hahanov, E. Litvinova, A. Frolov, Yves Tiecoura // Proc. of 10th East-West Design & Test Symposium, September 14–17, 2012, Kharkov, Ukraine. – Kharkov, 2012. – P. 66–71.

455. Multimatrix processor for cyberspace analysis / V. Hahanov, S. Chumachenko, Baghdadi Ammar Awni Abbas, M. Maksimov // Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій, комп'ютерної інженерії : матеріали XI Міжнар. конф. TCSET'2012, присвяч. 60-річчю заснування радіотехн. ф-ту у Львівській політехніці, 21–24 лют. 2012 р., Львів – Славське. – Львів, 2012. – С. 243.

456. Synthesis of qubit models for logic function / V. Hahanov, E. Litvinova, S. Chumachenko, Murad Ali Abbas // Proceedings of XXVII Conference on Design of Circuits and integrated systems, Nov. 28–30, 2012, Avignon, France. – Avignon, 2012. – P. 20–21.

457. Testing and Diagnosis of Bad Messages in Individual Cyberspace / V. Hahanov, S. Chumachenko, A. Mischenko // Radioelektroniks and informatics. – 2012. – № 1. – P. 9–16.

458. Quantum models for data structures and computing / V. Hahanov, I. Hahanova, O. Guz, Murad Ali Abbas // Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій, комп'ютерної інженерії : матеріали XI Міжнар. конф. TCSET'2012, присвяч. 60-річчю заснування радіотехн. ф-ту у Львівській політехніці, 21–24 лют. 2012 р., Львів – Славське. – Львів, 2012. – С. 291.

459. Qubit models for SoC Synthesis / V. Hahanov, E. Litvinova, Wajeb Gharibi, Murad Ali Abbas // Parallel and cloud computing. – 2012. – Vol. 1, № 1. – P. 16–20.

460. Qubit Model for solving the coverage problem / V. Hahanov, E. Litvinova, S. Chumachenko et al. // Proc. of 10th East-West Design & Test

Symposium, September 14–17, 2012, Kharkov, Ukraine. – Kharkov, 2012. – P. 142–144.

Методичні матеріали

461. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни "Проектування SoC" для студентів усіх форм навчання напряму 6.050102 "Комп'ютерна інженерія" [Електронний ресурс] / упоряд. В. І. Хаханов, Є. І. Литвинова ; ХНУРЕ. – Харків, 2012. – 42 с. – Режим доступу : libsearch.kture.kharkov.ua/ftplib/2014/Metodichne_zabez/APOT/bakalavr/PSoC/Ml_PSoC_2012.pdf.

462. Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Дискретна математика» для студентів денної форми навчання напряму 6.170101 «Безпека інформаційних і комунікаційних систем» [Електронний ресурс] / упоряд. В. І. Хаханов, С. В. Чумаченко ; ХНУРЕ. – Харків, 2012. – 76 с. – Режим доступу : www. URL: libsearch.kture.kharkov.ua/ftplib/2014/Metodichne_zabez/APOT/bakalavr/DM/Mp_DM_BIKS_2012.pdf.

463. Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Дискретна математика» для студентів денної форми навчання напряму 6.050202 «Системна інженерія» [Електронний ресурс] / упоряд. В. І. Хаханов, С. В. Чумаченко ; ХНУРЕ. – Харків, 2012. – 48 с. – Режим доступу : libsearch.kture.kharkov.ua/ftplib/2014/Metodichne_zabez/APOT/bakalavr/DM/Mp_DM_SI_2012.pdf.

464. Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни «Проектування SoC» для студентів усіх форм навчання напряму 6.050102

«Комп'ютерна інженерія» [Електронний ресурс] / упоряд. В. І. Хаханов, Є. І. Литвинова ; ХНУРЕ. – Харків, 2012. – 14 с. – Режим доступу : libsearch.kture.kharkov.ua/ftplib/2014/Metodichne_zabez/APOT/bakalavr/PSoC/Ms_PSoC_2012.pdf.

2013

Статті

465. Векторно-логический метод диагностирования уязвимостей / В. И. Хаханов, С. В. Чумаченко, А. С. Мищенко // Методи та засоби кодування, захисту й ущільнення інформації : тези доп. 4-ї Міжнар. наук.-практ. конф., 23–25 квіт. 2013 р. – Вінниця, 2013. – С. 101–104.

466. Діагностування функціональних порушень у корпоративних мережах / В. І. Хаханов, С. В. Чумаченко, Є. І. Литвинова та ін. // Комп'ютерне моделювання та програмне забезпечення інформаційних систем і технологій : матеріали II Всеукр. наук.-практ. конф., 30 трав. – 1 черв. 2013 р. – Львів, 2013. – С. 85–87.

467. «Зеленая волна» – облако мониторинга и управления дорожным движением / В. И. Хаханов, В. Ш. Меликян, А. Г. Саатчян, Д. В. Шахов // Информационные технологии, электроника, радиотехника. – Ереван, 2013. – Вып. 16 (№ 1). – С. 53–60.

468. Интеллектуальная система «Инфраструктура – транспорт – облако» / В. И. Хаханов, С. П. Дементьев // Інноваційний потенціал української науки – XXI сторіччя : матеріали XIX Всеукр. наук.-практ. конф. – Запоріжжя, 2013. – Т. 2. – С. 79–84.

469. Интеллектуальное облако управления движением (Smart Cloud Traffic Control) / В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова, С. В. Чумаченко, О. И. Филиппенко // Радиоэлектроника и информатика. – 2013. – № 2. – С. 67–76.

470. Инфрастуктура встроенного сервисного обслуживания безопасности киберсистем / В. И. Хаханов, С. В. Чумаченко, А. В. Хаханова и др. // Наука и современность: вызовы глобализации : материалы междунар. конф., 25 мая 2013 г. – Киев, 2013. – С. 55–60.

471. Квантовые модели диагностирования цифровых систем / Багдади Аммар Авни Аббас, В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова и др. // Радиоэлектроника и информатика. – 2013. – № 2. – С. 35–43.

472. Квантовые структуры для тестирования цифровых устройств / В. И. Хаханов, Багдади Аммар Авни Аббас, С. В. Чумаченко, А. С. Шкиль // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2013. – Вып. 163. – С. 4–17.

473. Кубитные структуры данных вычислительных устройств / В. И. Хаханов, Багдади Аммар Авни Аббас, Е. И. Литвинова и др. // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2013. – Вып. 164. – С. 4–19.

474. Кубитные технологии анализа и диагностирования цифровых устройств / Багдади Аммар Авни Аббас, В. И. Хаханов, С. В. Чумаченко и др. // Радиоэлектроника и информатика. – 2013. – № 3. – С. 36–45.

475. Метрика качества дорожной инфрастуктуры / В. И. Хаханов, С. В. Чумаченко, Е. И. Литвинова, А. В. Хаханова // Интеллектуальные системы принятия решений и проблемы вычислительного интеллекта

(ISDMCI’2013) : материалы Междунар. науч. конф., 20–24 мая 2013 г., Евпатория. – Херсон : ХНТУ, 2013. – С. 313–315.

476. Модель процессов тестирования уязвимостей и проникновений / В. И. Хаханов, С. В. Чумаченко, С. П. Дементьев // Методи та засоби кодування, захисту й ущільнення інформації : тези доп. 4-ї Міжнар. наук.-практ. конф., 23–25 квіт. 2013 р. – Вінниця, 2013. – С. 97–100.

477. Облако мониторинга и управления дорожным движением – зеленая волна / М. Ф. Бондаренко, В. И. Хаханов, И. П. Энглези и др. // Наука в жизни современного человека : материалы междунар. науч. симп. – Одесса, 2013. – С. 80–100.

478. Облачная инфраструктура мониторинга и управления дорожным движением / В. И. Хаханов, И. П. Энглези, Е. И. Литвинова и др. // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2013. – № 5 (64). – С. 106–111.

479. Облачное управление дорожным движением / В. И. Хаханов, С. В. Чумаченко, В. Мизь, Д. Щербин // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2013) : матеріали 5-ї Міжнар. наук.-практ. конф., 28–30 трав. 2013 р. – Херсон, 2013. – С. 41–43.

480. Развитие киберпространства и информационная безопасность / В. И. Хаханов, С. В. Чумаченко, Е. И. Литвинова, А. С. Мищенко // Радіоелектроніка, інформатика, управління. – 2013. – № 1. – С. 151–157.

481. Современные инфраструктурные средства управления дорожным движением в крупных городах / В. И. Хаханов, И. П. Энглези, О. А. Гузь, А. Н. Полетайкин // Проблеми підвищення рівня безпеки, комфорту та

культури дорожнього руху : матеріали 3-ї Міжнар. наук.-практ. конф., 16–17 квіт. 2013 р. – Харків : ХНАДУ, 2013. – С. 208–210.

482. Состояние IT-рынка Украины (аналитический обзор) / В. И. Хаханов, С. В. Чумаченко, Е. И. Литвинова // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2013. – Вып. 163. – С. 22–46.

483. Структура логического ассоциативного мультипроцессора / С. Гайдук, В. Хаханов // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2013. – Вып. 162. – С. 4–21.

484. Як університету стати європейським? / В. И. Хаханов // Урядовий кур'єр. – 2013. – 7 листоп. – С. 20.

485. A WSN approach to unmanned aerial surveillance of traffic anomalies: Some challenges and potential solutions / David Olalekan Afolabi, Ka Lok Man, V. I. Hahanov et al. // Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2013), September 27–30, 2013, Rostov-on-Don, Russia. – Rostov-on-Don, 2013. – P. 1–4.

486. Cloud Traffic Control System / V. I. Hahanov, O. A. Guz, A. N. Ziarmand et al. // Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2013), September 27–30, 2013, Rostov-on-Don, Russia. – Rostov-on-Don, 2013. – P. 72–76.

487. Cloud traffic monitoring and control / V. Hahanov, W. Gharibi, Baghdadi Ammar Awni Abbas et al. // Proceedings of the 2013 IEEE 7th International conference on intelligent data acquisition and advanced computing systems (IDAACS), September 12–14, 2013, Berlin, Germany. – Berlin, 2013. – P. 244–248.

488. Design and Optimization of a Planar UWB Antenna / Eng Gee Lim, Zhao Wang, V. Hahanov et al. // Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2013), September 27–30, 2013, Rostov-on-Don, Russia. – Rostov-on-Don, 2013. – P. 67–71.

489. Green Wave traffic monitoring and control / V. Hahanov, W. Gharibi, E. Litvinova et al. // The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics (CADSM 2013) : proceedings of the 12th International Conference, February 19–23, 2013, Polyana – Svalyava, Zakarpattya, Ukraine. – Lviv, 2013. – P. 120–126.

490. Infrastructure of PenTestsng and vulnerability management / V. I. Hahanov, S. V. Chumachenko, I. Filippenko, A. V. Hahanova // Стратегия качества в промышленности и образовании : материалы IX Междунар. конф., 31 мая – 7 июня 2013 г., Варна, Болгария. – Варна, 2013. – С. 456–458.

491. Intellection Traffic Control on Cloud / V. I. Hahanov, S. V. Chumachenko, E. I. Litvinova et al. // Parallel and Distributed Computing Systems (PDCS 2013) : proceedings of the International Conference, March 13–14, 2013. – Kharkiv, 2013. – P. 130–142.

492. Intelligent Road Control and Monitoring / V. Hahanov, Wajeb Gharibi, K. L. Man et al. // Future Information Communication Technology and Applications : proceedings of the 5th International Conference on Future Information and Communication Engineering (ICFICE 2013), June 24–26, 2013, Shenyang, China. – Springer, 2013. – P. 327–335. – (Lecture Notes in Electrical Engineering ; vol. 235).

493. Pentesting and vulnerability diagnosis / D. Jerbarov, A. M. Abeid, V. Hahanov et al. // The Experience of Designing and Application of CAD Systems

in Microelectronics (CADSM 2013) : proceedings of the 12th International Conference, February 19–23, 2013, Polyana – Svalyava, Zakarpattya, Ukraine. – Lviv, 2013. – P. 127–131.

494. Quantum Computing Approach for Shortest Route Finding / V. Hahanov, V. Miz // Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2013), September 27–30, 2013, Rostov-on-Don, Russia. – Rostov-on-Don, 2013. – P. 85–87.

495. Quantum Modeling and Repairing Digital Systems / Baghdadi Ammar Awni Abbas, V. I. Hahanov, Palanichamy Manikandan et al. // Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2013), September 27–30, 2013, Rostov-on-Don, Russia. – Rostov-on-Don, 2013. – P. 88–93.

496. Quantum Models for Description of Digital Systems / V. I. Hahanov, I. V. Hahanova, E. I. Litvinova et al. // Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2013), September 27–30, 2013, Rostov-on-Don, Russia. – Rostov-on-Don, 2013. – P. 94–101.

497. Quantum Technology for Analysis and Testing Computing Systems / Wajeb Gharibi, V. I. Hahanov, Anders Carlsson et al. // Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2013), September 27–30, 2013, Rostov-on-Don, Russia. – Rostov-on-Don, 2013. – P. 52–56.

498. Qubit models for logic circuits / V. Hahanov, S. Chumachenko, A. Hahanova, S. Dementiev // The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics (CADSM 2013) : proceedings of the 12th International Conference, February 19–23, 2013, Polyana – Svalyava, Zakarpattya, Ukraine. – Lviv, 2013. – P. 115–119.

499. Real-time multimedia computing / S. Kim , H. Duh , N. J. Sarhan, V. Hahanov // Multimedia Tools and Applications. – 2013. – Vol. 65, № 2. – P. 1–6.

Авторські свідоцтва та патенти

500. Пат. на корисну модель 83310 Україна, МПК G 11 C 19/00. Реверсивний регістр зсуву / Какурін М. Я., Хаханов В. І., Литвинова Є. І., Вареца В. В., Макаренко Г. М. – № u201303681 ; опубл. 10.09.13, Бюл. № 17. – 10 с.

Методичні матеріали

501. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Моделювання компонентів систем на кристалах» для студентів усіх форм навчання напряму 6.050102 «Комп'ютерна інженерія» [Електронний ресурс] / упоряд. В. І. Хаханов, Є. І. Литвинова ; ХНУРЕ. – Харків, 2013. – 28 с. – Режим доступу : www. URL: libsearch.kture.kharkov.ua/ftplib/2014/Metodichne_zabez/APOT/bakalavr/MKS/Ml_MKS_2013.pdf.

502. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Основи комп'ютерної діагностики» для студентів усіх форм навчання напряму 6.050102 «Комп'ютерна інженерія» [Електронний ресурс] / упоряд. В. І. Хаханов, Є. І. Литвинова ; ХНУРЕ. – Харків, 2013. – 42 с. – Режим доступу : libsearch.kture.kharkov.ua/ftplib/2014/Metodichne_zabez/APOT/bakalavr/OKD/ML_OKD_2013.pdf.

503. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Синтез цифрових систем на кристалі» для студентів усіх форм навчання напряму 6.050102 «Комп'ютерна інженерія» [Електронний ресурс] / упоряд. В. І. Хаханов, Є. І. Литвинова ; ХНУРЕ. – Харків, 2013. – 42 с. – Режим доступу : libsearch.kture.kharkov.ua/ftplib/2014/Metodichne_zabez/APOT/bakalavr/SThS/Ml_SThS_2013.pdf.

504. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Основи комп'ютерної діагностики» для студентів усіх форм навчання напряму 6.050102 «Комп'ютерна інженерія» [Електронний ресурс] / упоряд. В. І. Хаханов, Є. І. Литвинова ; ХНУРЕ. – Харків, 2013. – 42 с. – Режим доступу : libsearch.kture.kharkov.ua/ftplib/2014/Metodichne_zabez/APOT/bakalavr/OKD/Mp_OKD_2013.pdf.

505. Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни «Квантові обчислення» для студентів усіх форм навчання напряму 6.050102 «Комп'ютерна інженерія» спеціальності 7.05010203 «Спеціалізовані комп'ютерні системи» [Електронний ресурс] / упоряд. В. І. Хаханов ; ХНУРЕ. – Харків, 2013. – 13 с. – Режим доступу : libsearch.kture.kharkov.ua/ftplib/2014/Metodichne_zabez/APOT/spets_magistr/KO/Ms_KO_2013.pdf.

506. Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни «Основи комп'ютерної діагностики» для студентів усіх форм навчання напряму 6.050102 «Комп'ютерна інженерія» [Електронний ресурс] / упоряд. В. І. Хаханов, Є. І. Литвинова ; ХНУРЕ. – Харків, 2013. – 42 с. – Режим доступу :

libsearch.kture.kharkov.ua/ftplib/2014/Metodichne_zabez/APOT/bakalavr/OKD/Ms_OKD_2013.pdf.

2014

Статті

507. *Интернет-слой для киберуправления транспортом (Internet-driven Cyber Control of Traffic) / В. Хаханов, В. Гариби, С. Чумаченко и др. // Australian science review. – Melbourne, 2014. – № 1.

508. Квантовое моделирование и тестирование вычислительных устройств / Багхдади Аммар Авни Аббас, В. И. Хаханов, В. Ш. Меликян, Е. И. Литвинова // Вестник государственного инженерного университета Армении. – Ереван, 2014. – Вып. 17, № 1. – С. 9–19.

509. Киберфизическая система, облачное управление транспортом [Электронный ресурс] / В. И. Хаханов // AI Ukraine'2014 : материалы конф. по искусственному интеллекту и обработке данных, 25 окт. 2014 г., Харьков. – Режим доступа : http://aiukraine.com/.

510. *Кіберфізична система хмарного управління транспортом / В. Хаханов, Ваде Гариби, С. Чумаченко, Є. Литвинова // Фундаментальные и прикладные исследования в Америке, Европе и Азии : материалы II Междунар. науч. конгр., 27 сент 2014 г., Нью Йорк, США. – Нью Йорк, 2014.

511. Кубитные стуктуры данных вычислительных устройств / В. И. Хаханов, Багхдади Аммар Авни Аббас, С. В. Чумаченко // Новые информационные технологи в исследовании сложных структур : материалы

10-й российской конференции с международным участием, 9–11 июня 2014 г., пос. Катунь, Алтайский край. – Томск, 2014. – С. 57–58.

512. Кубитные технологии анализа и диагностирования цифровых устройств / В. И. Хаханов, А. Ю. Матросова, Багхдади Аммар Авни Аббас, Е. И. Литвинова // Новые информационные технологи в исследовании сложных структур : материалы 10-й российской конференции с международным участием, 9–11 июня 2014 г., пос. Катунь, Алтайский край. – Томск, 2014. – С. 58–59.

513. *Облачное управление физическими и кадровыми ресурсами (Cloud-driven Cyber Managing Resources) / В. Хаханов, С. Чумаченко, Е. Литвинова и др. // Australian science review. – Melbourne, 2014. – № 1.

514. Процессорные логические структуры для анализа Big Data / В. И. Хаханов, С. А. Зайченко, А. С. Мищенко, И. В. Хаханов // АСУ и приборы автоматики. – 2014. – Вып. 169. – С. 4–15.

515. *Розумне управління ресурсами / В. Хаханов, Тамер Бані Амер, С. Чумаченко, Є. Литвинова // Фундаментальные и прикладные исследования в Америке, Европе и Азии : материалы II Междунар. науч. конгр., 27 сент 2014 г., Нью Йорк, США.

516. Cloud service for traffic control / V. I. Hahanov, V. Miz, A. Ziarmand et al. // Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та комп’ютерної інженерії : матеріали 12-ї Міжнар. наук.-техн. конф. TCSET’2014, 25 лют. – 1 берез. 2014 р., Львів – Славсько. – Львів, 2014. – С. 57.

517. Cyber Physical System – iCloud Traffic Control / V. I. Hahanov, E. I. Litvinova, W. Gharibi, S. Chumachenko // Proceedings of the 11th

International Conference on Information Technology – ITNG 2014, April 7–9, 2014, Las Vegas, Nevada. – Washington, DC : IEEE Computer Society, 2014. – P. 62–65.

518. *Cyber Physical System – Smart Cloud Traffic Control / V. I. Hahanov // Workshop of Digital System Technology: Education, Research, and Industrial Aspects, February 6–10, 2014, Tehran, Iran.

519. Cyber Physical System – Smart Cloud Traffic Control / V. Hahanov, Wajeb Gharibi, L. S. Abramova et al. // Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2014), September 26–29, 2014, Kiev, Ukraine. – Kiev, 2014. – P. 49–66.

520. Cyber Physical Social Systems – Future of Ukraine / V. Hahanov, Wajeb Gharibi, A. P. Kudin et al. // Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2014), September 26–29, 2014, Kiev, Ukraine. – Kiev, 2014. – P. 67–81.

521. Discovering New Indicators for Botnet Traffic Detection / Alexander Adamov, Vladimir Hahanov, Anders Carlsson // Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2014), September 26–29, 2014, Kiev, Ukraine. – Kiev, 2014. – P. 281–285.

522. iCloud Traffic Control and Monitoring / V. I. Hahanov, E. I. Litvinova, W. Gharibi, S. Chumachenko // Proceedings of the 2014 UKSim–AMSS 16th International Conference on Computer Modelling and Simulation, March 26–28, 2014, Cambridge, United Kingdom. – Washington, DC : IEEE Computer Society, 2014. – P. 158–162.

523. Method for Diagnosing SoC HDL-code / Vladimir Hahanov, Sergey Zaychenko, Valeria Varchenko // Proceedings of IEEE East-West Design & Test

Symposium (EWDTS'2014), September 26–29, 2014, Kiev, Ukraine. – Kiev, 2014. – P. 97–102.

524. Modeling of digital systems / W. Gharibi, V. Hahanov, Baghdad Ammar Avni Abbas et al. // Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та комп'ютерної інженерії: матеріали 12-ї Міжнар. наук.-техн. конф. TCSET'2014, 25 лют. – 1 берез. 2014 р., Львів – Славсько. – Львів, 2014. – С. 77.

525. MQT-автомат для анализа больших данных / В. И. Хаханов, В. И. Обризан, С. А. Зайченко, И. В. Хаханов // АСУ и приборы автоматики. – 2014. – Вып. 168. – С. 64–72.

526. Quantum method for diagnosing digital systems / V. Hahanov, S. Chumachenko, A. Hahanova, S. Dementiev // Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та комп'ютерної інженерії : матеріали 12-ї Міжнар. наук.-техн. конф. TCSET'2014, 25 лют. – 1 берез. 2014 р., Львів – Славсько. – Львів, 2014. – С. 78.

527. Quantum Models and Method for Analysis and Testing Computing Systems / V. I. Hahanov, Stanley M. Hyduke, W. Gharibi et al. // Proceedings of the 11th International Conference on Information Technology – ITNG 2014, April 7–9, 2014, Las Vegas, Nevada. – Washington, DC : IEEE Computer Society, 2014. – P. 66–69.

528. *Qubit data structures for analyzing computing systems / V. Hahanov, E. I. Litvinova, S. Chumachenko, Wajeb Gharibi // Proceedings of the Third International conference of data mining and knowledge management (CDKP-2014), November 7–8, 2014, Dubai, UAE. – P. 56–59.

529. Smart traffic light in terms of the Cognitive road traffic management system (CTMS) based on the Internet of Things / Volodymyr Miz, Vladimir Hahanov // Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2014), September 26–29, 2014, Kiev, Ukraine. – Kiev, 2014. – P. 103–107.

530. *Tab-model for multilevel diagnosis and repair of HDL SoC / V. Hahanov, Ka Lok Man, Baghdad Ammar Avni Abbas et al. // Proceedings of the 11th International SoC Design Conference (ISOCC), November 3–6, 2014, Jeju, Korea. – P. 181–182.

2015

Статті

531. Кубитные структуры данных вычислительных устройств / В. И. Хаханов, Ваджеб Гариби, Е. И. Литвинова, А. С. Шкиль // Электронное моделирование. – 2015. – Т. 37, № 1. – С. 76–99.

532. Кубитные технологии анализа и диагностирования цифровых устройств / В. И. Хаханов, Тамер Бани Амер, С. В. Чумаченко, Е. И. Литвинова // Электронное моделирование. – 2015. – Т. 37, № 3. – С. 17–40.

533. Big Data Driven Cyber Analytic System / Vladimir Hahanov, Eugenia Litvinova, Wajeb Gharibi, Svetlana Chumachenko // 2015 IEEE International Congress on Big Data, New York, USA. – New York, 2015. – P. 615–622.

534. Cloud-Driven Traffic Control: Feasibiliti and Advanteges / Vladimir Hahanov, Svetlana Chumachenko, Tamer Bani Amer, Ivan Hahanov // Proceedings of the 4th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO), June 14–18, 2015, Budva, Montenegro. – IEEE, 2015. – P. 17–20.

535. Cloud Driven Traffic Control: Formal Modeling and Technical Realization / Vladimir Hahanov, Alexey Zhalilo, Wajeb Gharibi, Eugenia Litvinova // Proceedings of the 4th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO), June 14–18, 2015, Budva, Montenegro. – IEEE, 2015. – P. 21–24.

536. Cloud Service – Cyber Social Democracy and Smart University / Vugar Abdullayev, Vladimir Hahanov, Eugenia Litvinova et al. // Proceedings of the 13th IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS 2015), September 26–29, 2015, Batumi, Georgia. – Batumi, 2015. – P. 176–180.

537. CyUni Service – Smart Cyber University / Vladimir Hahanov, Svetlana Chumachenko, Alexander Mishchenko et al. // Proceedings of the 13th IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS 2015), September 26–29, 2015, Batumi, Georgia. – Batumi, 2015. – P. 129–136.

538. Diagnosis Method for SoC HDL Model / Vladimir Hahanov, Svetlana Chumachenko, Eugenia Litvinova // Proceedings of the Microtechnology and Thermal Problems in Electronics (MicroTherm'2015), June 23–25, 2015, Łódź, Poland, 2015. – Łódź, 2015. – P. 72–77.

539. Method for Functional Testing Critical Control Systems / Konstantin Gerasimenko, Vladimir Hahanov, Tamer Bani Amer, Aleksey Pryimak // Proceedings of the 13th IEEE East-West Design & Test Symposium

(EWDTS 2015), September 26–29, 2015, Batumi, Georgia. – Batumi, 2015. – P. 149–153.

540. MQT-model for Virtual Computer Design / Vladimir Hahanov, Tamer Bani Amer, Ivan Hahanov // Proceedings of the Microtechnology and Thermal Problems in Electronics (MicroTherm'2015), June 23–25, 2015, Łódź, Poland, 2015. – Łódź, 2015. – P. 182–185.

541. «Quantum» Processor for Digital Systems Analysis / Vladimir Hahanov, Wajeb Gharibi, Igor Yemelianov, Dmitry Shcherbin // Proceedings of the 13th IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS 2015), September 26–29, 2015, Batumi, Georgia.– Batumi, 2015. – P. 104–110.

542. «Quantum» Structures for Digital Systems Synthesis / Wajeb Gharibi, Vladimir Hahanov, Eugenia Litvinova, Ivan Hahanov // Proceedings of the 13th IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS 2015), September 26–29, 2015, Batumi, Georgia. – Batumi, 2015. – P. 115–121.

543. «Quantum» Diagnosis and Simulation of SoC / Vladimir Hahanov, Igor Yemelyanov, Volodymyr Obrizan, Ivan Hahanov // Proceedings of the 11th International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH 2015), September 2–6, 2015, Polyana, Zakarpattya, Ukraine. – Lviv, 2015. – P. 58–60.

НАУКОВА ШКОЛА проф. Хаханова В. І.

Абу Занунех И. М. Халиль – канд. техн. наук

Багхдади Аммар Авни Аббас – канд. техн. наук

Бережная М. А. – канд. техн. наук

Герасименко К. Е. – канд. техн. наук

Гузь О. А. – канд. техн. наук

Егоров А. А. – канд. техн. наук

Елисеев В. В. – д-р техн. наук

Зайченко С. А. – канд. техн. наук

Каменюка Е. А. – канд. техн. наук

Каминская М. А. – канд. техн. наук

Ковалев Е. В. – канд. техн. наук

Колесников К. В. – канд. техн. наук

Литвинова Е. И. – д-р техн. наук

Мд. Мехеди Масуд – канд. техн. наук

Монжаренко И. В. – канд. техн. наук

Мурад Али Аббас – канд. техн. наук

Нгене Кристофер Умерах – канд. техн. наук

Парфентий А. Н. – канд. техн. наук

Побеженко И. А. – канд. техн. наук

Скворцова О. Б. – канд. техн. наук

Сысенко И. Ю. – канд. техн. наук

Тиекура Ив – канд. техн. наук

Уади Гариби – канд. техн. наук

Филиппенко И. В. – канд. техн. наук

Хак Х. М. Джахирул – канд. техн. наук

Ханько В. В. – канд. техн. наук

Хассан Ктейман – канд. техн. наук

Чумаченко С. В. – д-р техн. наук

Дисертації, виконані під керівництвом проф. В. І. Хаханова

1. Абу Занунех И. М. Халиль. Разработка моделей и алгоритмов диагностирования при проектировании локальных вычислительных сетей : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.12 "Системы автоматизации проектных работ" / Абу Занунех И. М. Халиль ; Харьк. гос. техн. ун-т радиоэлектроники. – Харьков, 2001. – 170 с. : ил. – Библиогр.: с. 133–144.
2. Багхдади Аммар Авни Аббас. Кубитные модели и методы анализа и диагностирования цифрових устройств: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.05 "Компьютерные системы и компоненты" / Багхдади Аммар Авни Аббас, Харьк. нац. ун-т радиоэлектроники. – Харьков, 2015. – 170 с. : ил. – Библиогр.: с. 155–170.
3. Бережная М. А. Методы логического проектирования дискретных устройств со встроенными средствами диагностирования : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.12 "Системы автоматизации проектных работ" / М. А. Бережная ; Харьк. нац. ун-т радиоэлектроники. – Харьков, 2003. – 195 с. : ил. – Библиогр.: с. 152–162.
4. Герасименко К. Е. Методы функционального тестирования критических систем управления : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.05 "Компьютерные системы и компоненты" / К. Е. Герасименко ; МОНМС Украины, Харьк. нац. ун-т радиоэлектроники. – Харьков, 2013. – 179 с. – Библиогр.: с. 145–156.
5. Гузь О. А. Структурно-функциональный анализ тестопригодности при проектировании цифровых систем на кристаллах : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.05 "Компьютерные системы и компоненты" / О. А. Гузь ; МОН Украины, Харьк. нац. ун-т радиоэлектроники. – Харьков, 2008. – 176 с. – Библиогр.: с. 156–176.
6. Егоров А. А. Модели и методы совместной верификации проектируемых цифровых систем на кристаллах : дис. ... канд. техн. наук :

05.13.12 "Системы автоматизации проектных работ" / А. А. Егоров ; Харьк. нац. ун-т радиоэлектроники. – Харьков, 2006. – 151 с.

7. Елисеев В. В. Модели и методы повышения отказоустойчивости программно-технических комплексов информационных и управляющих систем энергоблоков АЭС : дис. ... д-ра техн. наук : 05.13.13 "Вычислительные машины, системы и сети" / В. В. Елисеев ; МОН Украины, Харьк. нац. ун-т радиоэлектроники. – Харьков, 2007. – 275 с. – Библиогр.: с. 259–275.

8. Зайченко С. А. Модели и методы функциональной верификации цифровых систем на основе темпоральных ассерций : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.05 "Компьютерные системы и компоненты" / С. А. Зайченко ; Харьк. нац. ун-т радиоэлектроники. – Харьков, 2010. – 250 с. – Библиогр.: с. 228–250.

9. Каменюка Е. А. Мультипроцессорные модели решения систем булевых уравнений большой размерности : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.05 "Компьютерные системы и компоненты" / Е. А. Каменюка ; Харьк. нац. ун-т радиоэлектроники. – Харьков, 2008. – 147 с. – Библиогр.: с. 114–124.

10. Каминская М. А. Системные модели анализа тестопригодности при проектировании цифровых структур на кристаллах : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.05 "Компьютерные системы и компоненты" / М. А. Каминская ; МОН Украины, Харьк. нац. ун-т радиоэлектроники. – Харьков, 2009. – 187 с. – Библиогр.: с. 168–187.

11. Ковалев Е. В. Проектирование моделей цифровых автоматов для генерации тестов в среде ACTIVE-HDL : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.12 / Е. В. Ковалев ; Харьк. гос. техн. ун-т радиоэлектроники. – Харьков, 2000. – 228 с. : ил. – Библиогр.: с. 180–193.

12. Колесников К. В. Дедуктивный метод моделирования неисправностей для синтеза тестов цифровых систем, реализуемых в программируемой логике : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.12 / К. В. Колесников ; Харьк. нац. ун-т радиоэлектроники. – Харьков, 2003. – 171 с. : ил. – Библиогр.: с. 136–150.

13. Литвинова Е. И. Инфраструктуры верификации и встроенного диагностирования цифровых систем на кристаллах : дис. ... д-ра техн. наук : 05.13.05 "Компьютерные системы и компоненты" / Е. И. Литвинова ; МОН Украины, Харьк. нац. ун-т радиоэлектроники. – Харьков, 2009. – 350 с. – Библиогр.: с. 321–350.

14. Мд. Мехеди Масуд. Модели и алгоритмы генерации тестов для цифровых систем, проектируемых в среде VHDL : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.12 "Системы автоматизации проектных работ" / Мд. Мехеди Масуд ; Харьк. нац. ун-т радиоэлектроники. – Харьков, 2001. – 181 с. : ил. – Библиогр.: с. 136–147.

15. Монжаренко И. В. Структурно-функциональные алгоритмы проектирования процедур диагностирования цифровых модулей : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.12 "Системы автоматзации проектирования" / И. В. Монжаренко ; Харьк. гос. техн. ун-т радиоэлектроники. – Харьков, 1998. – 186 с. : ил. – Библиогр.: с. 133–144.

16. Мурад Али Аббас. Квантовые модели вычислительных процессов для тестирования цифровых систем на кристаллах : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.05 "Компьютерные системы и компоненты" / Мурад Али Аббас ; МОНМС Украины, Харьк. нац. ун-т радиоэлектроники. – Харьков, 2012. – 182 с. – Библиогр.: с. 164–177.

17. Нгене Кристофер Умерах. Инфраструктура встроенного диагностирования HDL-моделей цифровых систем на кристаллах : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.05 "Компьютерные системы и компоненты" / Нгене Кристофер Умерах ; МОНМС Украины, Харьк. нац. ун-т радиоэлектроники. – Харьков, 2011. – 150 с. – Библиогр.: с. 136–150.

18. Парфентий А. Н. Модели инфраструктуры сервисного обслуживания цифровых систем на кристаллах : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.05 "Компьютерные системы и компоненты" / А. Н. Парфентий ; МОН Украины, Харьк. нац. ун-т радиоэлектроники. – Харьков, 2008. – 192 с. – Библиогр.: с. 178–192.

19. Побеженко И. А. Системные модели проектирования и верификации вейвлет-преобразования в стандарте JPEG 2000 : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.05 "Компьютерные системы и компоненты" / И. А. Побеженко ; МОН Украины, Харьк. нац. ун-т радиоэлектроники. – Харьков, 2009. – 248 с. – Библиогр.: с. 230–248.

20. Скворцова О. Б. Проектирование тестов для последовательностных функциональных схем, реализуемых в программируемой логике : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.12 "Системы автоматизации проектных работ" / О. Б. Скворцова ; Харьк. нац. ун-т радиоэлектроники. – Харьков, 2002. – 185 с. : ил. – Библиогр.: с. 152–165.

21. Сысенко И. Ю. Дедуктивно-параллельное моделирование неисправностей на реконфигурируемых моделях цифровых систем : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.13 "Вычислительные машины, системы и сети" / И. Ю. Сысенко ; МОН Украины, Харьк. нац. ун-т радиоэлектроники. – Харьков, 2002. – 148 с. : ил. – Библиогр.: с. 123–135.

22. Тиекура Ив. Векторно-логическая инфраструктура встроенного тестирования цифровых систем на кристаллах : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.05 "Компьютерные системы и компоненты" / Тиекура Ив ; МОНМС Украины, Харьк. нац. ун-т радиоэлектроники. – Харьков, 2011. – 182 с. – Библиогр.: с. 150–182.

23. Уади Гариби. Модели и методы аппаратного моделирования цифровых устройств на кристаллах : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.13 "Вычислительные системы и сети" / Уади Гариби ; Харьк. нац. ун-т радиоэлектроники. – Харьков, 2007. – 190 с. – Библиогр.: с. 149–165.

24. Филиппенко И. В. Модели и методы проектирования систем на кристаллах для радиочастотной идентификации с кодовым разделением каналов : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.05 "Компьютерные системы и компоненты" / И. В. Филиппенко ; МОНМС Украины, Харьк. нац. ун-т радиоэлектроники. – Харьков, 2011. – 165 с. – Библиогр.: с. 150–165.

25. Хак Х. М. Джахирул. Кубическое моделирование неисправностей для анализа качества тестов при проектировании цифровых систем : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.12 "Системы автоматизации проектных работ" / Хак Х. М. Джахирул ; Харьк. гос. техн. ун-т радиоэлектроники. – Харьков, 2001. – 173 с. : ил. – Библиогр.: с. 126–139.

26. Ханько В. В. Разработка моделей анализа и тестирования сегментов корпоративной компьютерной сети с использованием языка VHDL : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.12 "Системы автоматизации проектных работ" / В. В. Ханько ; МОН Украины, Харьк. гос. техн. ун-т радиоэлектроники. – Харьков, 2000. – 205 с. : ил. – Библиогр.: с. 171–179.

27. Хассан Ктейман. Модели и методы аппаратного моделированния неисправностей цифровых систем на кристаллах : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.13 "Вычислительные машины, системы и сети" / Хассан Ктейман ; Харьк. нац. ун-т радиоэлектроники. – Харьков, 2007. – 168 с. – Библиогр.: с. 136–147.

28. Чумаченко С. В. Моделирование нелинейных объектов с распределенными параметрами на основе воспроизводящих ядер : дис. ... д-ра техн. наук : 01.05.02 "Математическое моделирование и вычислительные методы" / С. В. Чумаченко ; Харьк. нац. ун-т радиоэлектроники. – Харьков, 2008. – 294 с. – Библиогр.: с. 274–290.

Іменний покажчик співавторів праць професора В. І. Хаханова

А

Абрамова Л. С.	519
Абу Занунех И. М. Халиль (Abu Zanuneh I. M. Halil)	94, 96, 102, 103, 112, 128, 134
Адамов А. С.	263, 270, 387, 388, 399, 402, 418, 521
Аль-Матарнех Р. (Al-Matarnah R. J.)	74, 77, 80
Арефьев А.	486, 536
Abeid A. M.	493
Ahmetoglu A. H	493
Alnahhal O.	421
Anders Carlsson	436, 446, 497, 521
Andrea D'Oria	453

Б

Бабич А. В.	100, 112, 119, 122, 126, 128, 129, 134, 136–138, 155, 160, 161, 169, 306
Багхдади Аммар Авни Аббас (Baghdadi Ammar Avni Abbas)	406, 437, 442, 448, 450, 455, 460, 471–474, 487, 495, 508, 511, 512, 524, 530
Барабаш А. А.	114
Баранник В. В.	252, 261, 281
Бедратый Р. А.	85, 89, 90, 108, 109
Белоус Н. В.	433
Бендиков А. В.	48, 52, 54, 56
Бережная М. А.	71, 72, 82, 89, 148
Бодянский Е. В.	433
Бойчук М.	235
Бондаренко М. Ф.	3, 6, 13, 101, 344, 349, 363, 433, 438, 449, 477
Бутенко С. А.	446, 471
Быкова В.	230

В

Вареца В. В.	360, 384, 500
Варченко В.	497, 523
Василенко В. А.	309, 343, 351, 357, 362
Вержанская О.	307
Врублевский Н. Н.	473

Vugar Abdullayev 536

Г

Гаврюшенко А. Ю. 265
Гайдук С. М. 189, 255, 483
Галаган С. С. 289, 290, 302, 303, 328, 432
Герасименко К. Е. 414, 441, 447, 539
Герасимов М. А. 114
Головашич С. А. 76
Горбатюк А. Ф. 140
Горбунов Д. М. 116, 124, 178
Горобец А. А. 235, 298, 311, 312, 335, 339, 396, 443
Городецкий В. Э. 9
Гузь О. А 172, 192, 200, 203, 214, 238, 299–301, 304, 305, 310–312, 325, 327, 330, 332, 333, 336, 340, 344, 345, 355, 364, 370, 373, 374, 376, 377, 386, 397, 398, 401, 403, 404, 406, 429, 432, 433, 435, 437, 440, 445, 448, 458, 477, 478, 481, 486, 487, 489, 492

Д

Давыдов М. Д. 274, 299
Дементьев С. П. 468, 476, 488, 491, 495, 498, 526
Дербунович Л. В. 148
Дохов А. И. 433
Дубинская Н. Г. 78
Dahiri F. 450, 491, 536
Davide Murru 453
David Olalekan Afolabi 485
Dong Won Park 420, 432
Duh H. 499
Jerbarov D. 493
Jihyeok Ahn 503
Juans Gerry 488
Jutman A. 162

Е

Егоров А. А. 103, 139, 172, 179, 182, 184, 186, 192, 205, 208, 264, 271
Елисеев В. В. 183, 194, 204, 207, 220, 224, 227, 239, 240, 248

Емельянов И. 513, 541, 543
Ерченко А. 520
Ефименко Л. Г. 25, 33, 35, 40–43
Eng Gee Lim 453, 485, 488
Eshetie Abebech 460

Ж

Жалило А 519, 535
Zhao Wang 488
Zhun Shen 463

З

Загороднюк В. В. 46
Зайченко С. А 182, 200, 205, 208, 223, 228, 231, 263, 276, 284, 286, 296, 371, 397, 398, 409, 514, 523, 525
Закарян В. 375, 379
Захаров К. 297
Захарченко О. В. 231, 296, 313, 321, 338, 341
Зацарный А. В. 352
Ziarmand A. 486, 507, 516, 519

И

Иванов В. И. 28
Ив Тиекура (Yves Tiecoura) 302, 303, 305, 310, 319, 324, 325, 329, 335–337, 342, 346, 351, 355, 357, 359, 361, 367, 369, 381, 382, 394, 395, 408, 415, 417, 421, 454, 496, 520

К

Кадацкий А. Е. 35
Какурин Н. Я. 34, 36, 500
Какурина А. Н. 36
Каменюка Е. А. 145, 170, 172, 178, 187–189, 206, 215, 260
Каминская М. А. 184, 186, 205, 208, 215, 236, 238, 242, 256, 258, 269, 279, 281, 282
Кизуб В. А. 22, 44
Киященко А. В. 196, 208, 232
Ковалев Е. В. 60, 92, 110, 111, 113, 115, 116, 271
Коваленко С. Н. 69, 75

Колесников К. В. 141, 142, 144, 152, 168, 171, 173, 181
Коновалов В. Б. 22
Копанев В. И. 305
Крапчунова О. 172
Краснояружская К. Ш. 278, 281, 290
Красовская А. 235, 261
Кривуля Г. Ф. 1, 2, 6, 7, 16, 22, 30, 37, 39–41, 44, 45, 55, 62, 64, 67, 69, 73, 74, 76, 78–82, 87, 100, 101, 113, 121, 139, 140, 152–155, 165, 177, 251
Крулевская Д. 520
Кудин А. П. 520
Кулак Е. М. 98, 99, 118, 164, 238
Кульбакова Н. И. 277, 299, 341, 343
Ka Lok Man 287, 292, 453, 485, 488, 492, 530
Kim S. 499
Krilavicius T. 463
Kyung Ki Kim 503

Л

Лаврова О. 269
Левченко Филат 229
Лещинская И. А. 349
Литвинова Е. И. 247, 250, 262, 272, 274, 277, 283, 285, 287, 288, 290–295, 300–302, 304, 308, 313–316, 318–321, 325, 327, 330, 332, 333, 337, 338, 340, 341, 345, 347, 348, 356, 358, 362, 364–366, 369, 372, 373, 377, 378, 380, 382, 383, 385, 390–393, 395, 397–401, 403, 404, 407, 408, 409, 412, 419, 420, 423, 424, 433–435, 437, 439, 440, 444, 445, 449, 450, 452, 454, 456, 459–461, 464, 466, 469, 471, 473, 475, 477, 478, 480, 482, 487–489, 491, 492, 495, 496, 500–504, 506–508, 510, 512, 513, 515, 517, 519, 522, 524, 527, 528, 530–533, 535, 536, 538, 542
Лобода В. Г. 36
Лобур М. В. 433, 477, 489
Lei C.-U 463

М

Макаренко Г. М. 99, 500

Максимов М. 421, 455, 496
Максимова Н. Г. 31, 32, 47–49, 53
Масуд М. Д. Мехеди (Masud M. D. Mehedi) 92, 115, 116, 120, 121, 124, 125, 127, 135, 137
Матросова А. Ю. 512
Меликян В. Ш. 433, 467, 474, 508
Мельник Д. 229, 239, 263, 268, 270, 296
Мельникова О. В. 131, 167, 172, 175–178, 185, 190, 191, 195, 200, 201, 203, 206, 209, 212, 216, 217, 227, 229, 241, 266, 267
Мизь В. 479, 494, 507, 516, 519, 529
Мирошниченко Я. В. 178, 267
Мирошниченко С. 298
Михтонюк С. В. 265, 282
Мищенко А. С. 346, 352, 360, 366, 384, 399, 415, 430, 431, 453, 457, 465, 470, 480, 488, 513, 514, 520, 537
Монжаренко И. В. 51–53, 60, 64, 71–73, 77, 79, 81, 83, 84, 87
Мостовая К. Л. 247, 262, 264, 271, 293, 295, 334, 425, 427, 428, 451
Мошнин В. Н. 31
Мурад Али Аббас (Murad Ali Abbas) 306, 396, 403, 406, 434, 437, 439, 442–444, 450, 456, 458, 459
Malek Jehad Mohammad Jararweh 496
Malik Gowher 175
Mazen Abdelrahman Abdelaziz Hussein 537
Michele Mercaldi 453

Н

Нгене Кристофер Умерах (Ngene Christopher Umerah) 285, 305, 314–316, 318, 324, 326, 329, 332, 337, 342, 347, 356, 361, 364, 365, 370, 374, 382, 386, 405, 408, 409, 416, 429, 486, 520
Немченко В. П. 1, 8, 13
Nan Zhang 488

О

Обризан В. И. 131, 167, 172, 175–179, 185, 187–189, 199, 203–205, 207, 211–214, 220, 240, 243, 256, 259, 265–267, 283, 287, 297, 298, 525, 543
Ольховой В. 328, 370, 386, 417

Oghumu S. 493

П

Парафило О. В. 29
Парфентий А. Н. 131, 168, 170, 179, 181, 190, 191, 194, 208, 232, 234, 237, 245, 247, 248, 250, 253, 262
Пащенко А. 417, 425, 451
Победа А. А. 304, 315, 320
Побеженко В. В. 84, 104, 132, 186, 195, 196, 210, 249, 285, 309, 318, 319, 347, 365, 369, 374, 381, 390
Покрова С. 335
Полетайкин А. Н. 433, 481, 489
Приймак А. 328, 372, 391, 430, 432, 496, 516
Пудов В. А. 120, 133, 161
Palanichamy Manikandan 495

Р

Радивилова Т. 260
Русаков Н. Е. 349
Рустинов В. А. 2, 4, 5, 8, 12, 14, 16, 27, 28, 114, 116, 117, 139, 493, 519, 520, 539
Руткас А. А. 317, 331
Рысованый А. Н. 67, 310
Рябцев В. Г. 101

С

Саатчян А. Г. 433, 467, 489
Семенец В. В. 140, 166
Сидоренко Т. В. 24
Скворцова О. Б. 83, 85, 88, 104, 119, 120, 122, 126, 129, 135, 143, 146, 147, 150, 158, 159, 162, 163, 181, 218, 241, 407, 409
Скоробогатый М. 443
Соколов А. В. 143, 146, 147, 160, 161
Соколов А. Ю. 123
Сорока Д. С. 26
Сорудейкин К. 230
Степанова Ю. 339
Сушанов А. 273–275, 278, 279, 311, 312, 339, 362
Сысенко И. Ю. 84, 93, 95, 96, 105, 107, 117, 125, 133,

136, 139, 143, 144, 146, 147, 149, 150, 158, 159, 163, 173
Sarhan N. J. 499

Т

Тамер Бани Амер 513, 515, 532, 534, 539, 540
Таран А. 268
Тевяшев А. Д. 433
Ткаченко В. Ф. 433
Ткаченко Л. В. 21
Тыдыков В. П. 44

У

Уади Гариби, Ваде Гриби, Ваджеб Гариби (Wade Ghribi, Wajeb Gharibi) 183, 204, 207, 210, 213, 215, 220, 222, 233, 234, 236, 240, 258–260, 288, 291, 294, 326, 327, 330, 333, 334, 336, 340, 343, 376–378, 382, 385, 387, 389, 392, 419, 420, 423, 424, 452, 459, 487, 489, 492, 497, 507, 510, 517, 519, 520, 522, 524, 527, 528, 531, 533, 535, 541, 542
Убар Р.-Й. Р. (Ubar R.) 157, 162, 174, 193, 433
Уваров В. А. 63

Ф

Фастовец Г. П. 23, 50
Филатов В. А. 433
Филиппенко И. В. 225, 410, 466, 470, 490, 497, 537
Филиппенко О. И. 433, 469, 489
Фомина Е. 230, 233, 242, 243, 496
Фрадков С. А. 86, 101
Фролов А. 454

Х

Хайрова Н. 307
Хак Х. М. Джахирул (Haque H. M. Jahirul) 92, 105, 109, 116, 127, 136
Ханько В. В. 85, 86, 88, 90, 91, 93, 94, 102, 107, 112, 115, 270
Хассан Ктейман (H. Kteaman) 183, 204, 207, 210, 220, 232–234, 237, 245, 260
Хаханов Иван 494, 514, 525, 534, 540, 542, 543

Хаханова А. В. 141, 149, 187, 188, 227, 239, 248, 253, 259, 272, 275, 289, 297, 367, 375, 379, 405, 430, 466, 470, 475, 478, 490, 498, 516, 526, 537
Хаханова И. В. 98–100, 118, 131, 142, 166, 171, 176, 177, 183, 184, 190–192, 198, 199, 201, 202, 209, 211, 212, 222, 230, 243–245, 249, 252, 255, 300, 301, 337, 342, 345, 361, 373, 403, 406, 433, 434, 437, 442, 444, 448, 458, 473, 496, 497, 527
Хаханова Ю. В. 352, 411, 452, 536
Хван Р. С. 282
Hai-Ning Liang 453, 485
Hayford A. 493
Hyduke Stanley M. 138, 174, 180, 198, 209, 212–214, 527
Khan S. U. 199

Ч

Чамян А. Л. 95, 123, 145, 158, 201
Чугуров И. Н. 56, 180, 433
Чумаченко С. В. 130, 141, 151, 154, 164, 165, 197, 216–218, 221, 241, 256, 268, 270, 275, 285, 288, 289, 303, 307–309, 313, 318, 321, 326, 329, 338, 341, 346, 350–352, 355, 357, 358, 366, 367, 371, 378, 380, 383, 385, 392, 394–399, 401, 402, 404, 413, 415, 423, 427, 428, 430, 431, 433, 435, 436, 439, 440, 443, 445, 446, 455–457, 460, 462, 463, 465, 466, 469–472, 474–480, 482, 487–492, 498, 507, 510, 511, 513, 515, 517, 519, 522, 526–528, 530, 532–534, 537, 538
Cheng L. 463

Ш

Шабанов-Кушнаренко Ю. П. 344
Шахов Д. В. 433, 467, 489
Шильверст О. В. 140
Шкиль А. С. 4, 6, 7, 10, 12, 14, 15, 27, 30, 45, 91, 105, 107–111, 132, 155, 472, 474, 531

Щ

Щерба О. В. 310, 320, 368, 411
Щербин Д. 421, 479, 520, 524, 541

Э

Энглези И. П. 433, 477, 478, 481

Ю

Yudin D. 421
Yue Yang 463

ECOLE NORMALE SUPERIEURE
DEPARTEMENT DE CHIMIE
UMR 8640 "*PASTEUR*" CNRS-ENS-UPMC
24 RUE LHOMOND. 75231 PARIS CEDEX 05. FRANCE

Dr. Christian Amatore
Directeur de Recherche au CNRS
Institut de France,
Académie des Sciences

Tel : (33)-1-4432-3388
e-mail : christian.amatore @ ens.fr

To whom it may concern
Ukrainian Ministry of Education and Science

Paris, May 8th, 2014.

To whom it may concern,

I am extremely delighted to write in support of my esteemed colleague Professor Vladimir Hahanov in view of the next election to the position of Rector of Kharkov National University of Radio Electronics (KNURE).

Even if many of KNURE Professors know me since I am Doctor Honoris Causa of KNURE, let me first briefly introduce myself to substantiate more strongly my support. I am Director of Research of the Highest Rank in CNRS in France (only one of such position exists in Physical Chemistry for all France), and my position in Ecole Normale Supérieure, the main research and education institution in France, is that which was that of Louis Pasteur. I am Full Member of the French Académie des Sciences, Member of the Chinese Academy of Sciences, Member of the Academia Europæ, Member of The Third World Academy of Sciences, Honorary Fellow of the Royal Society of Chemistry and of the Chinese Chemical Society, Honorary Member of the Israeli Chemical Society, Distinguished Scientist of the French Chemical Society, and President Elect of the International Society of Electrochemistry. I received many French and foreign awards and honors and I am Honorary Professor or Doctor Honoris Causa in many Universities across the world besides KNURE. Over the past years I acted as one of the twenty members of the High Council of Science and Technology which advised the French Governments on scientific matters and I am presently Délégué[1] of the

[1] *"Délégué" is a title equivalent to "Vice-President in charge of" as would be used in many other Academies, but in the French Academy of Sciences, the title of Vice-President is reserved for the next President to be.*

French Academy of Sciences for Educative and Training matters. Finally I have been knighted by the French Republic in the orders of Meritus and Légion d'Honneur, the two highest French state orders.

I have known Professor Vladimir Hahanov over the past 10 years, initially because of his renowned scientific position in the field of computer engineering World (he has over 500 scientific publications in Ukraine and abroad), and then as the dean of the faculty of Computer Engineering and Management of KNURE. I met him for the first time in 2004 in KNURE during a visit in Kharkov, then in Odessa in 2005 where Prof. Hahanov was an organizer of the International Conference of IEEE Computer Society. At the time I have been impressed by his strong activity and hard will to bring together the best scientists from East and West Europe and USA for constructive exchanges of scientific information between themselves and with young students and established scientists in the field of computer design and electronics. I met him with pleasure at each of my numerous visits to KNURE either informally or when he invited me to give a seminar and speak with PhD students in his scientific laboratory in KNURE in 2009. He made one short visit in my laboratory in 2008 and then a longer one for meeting with my theoretical group in ENS-Paris during his stay in France in 2012. Our numerous meetings were always incredibly memorable on pure scientific bases and created many positive emotions and optimistic views about Ukrainian education and scientific teams going by European and world-wide modern ways.

Our interactions showed me that besides the above professional relationships, Professor Vladimir Hahanov is a really interesting person, an incredibly talented organizer loving, and devoted to, his University and involved in many positive actions towards the scientific and humanistic development of its students who, as a consequence of his strong engagement, feel responsibility and strong dynamism for future of his University and Ukraine as I could see directly over the many years I have been involved in scientific cooperation with KNURE and my numerous visits to this splendid institution.

All the above leads me to be sure that Prof. Vladimir Hahanov will be an excellent and world-recognized Rector of KNURE. I have no doubt that he will use this influential position to pursue and develop the best traditions of scientific school and education of one of the best Ukrainian University while casting them into the modern global scientific and economic world. Beyond his brilliant personal qualities and truly constructive scientific and organizational activities, his European-style leadership associated with his energetic talent in convincing and joining together all students and Professors of KNURE on important and positive directions will be a great asset to solve present problems in the University in the complicated times incurred presently by Ukraine.

Best regards

Sincerely Yours,

Christian Amatore
Membre de l'Institut
Académie des Sciences

ENS. DÉPARTEMENT DE CHIMIE
UMR CNRS 8640
24, rue Lhomond
75231 PARIS CEDEX 05

1918
TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Tallinn, May 08, 2014

To whom it may concern (Ministry of Education and Science of Ukraine)

Estonian research community in the field of Dependable Computing Systems knows doctor Vladimir Hahanov for the last 30 years as a world level recognized scientist and today as an experienced Dean of the Computer Engineering Faculty of Kharkov National University of Radioelectronics, Ukraine. Prof. Vladimir Hahanov is IEEE Senior Member and IEEE Computer Society Golden Core Member. He is a Doctor of Science, he has more than 500 publications, 14 books and 3 patents.

His fundamental and applied scientific research is devoted to creation of the computer-aided design systems including logic simulation, test generation, fault diagnosis in digital circuits, systems and microprocessor-based structures, as well as memory repair methods of Systems-on-Chips. His basic research activities are targeting cubic algebra, cubic forms of graph representation, cubic models of digital devices, and particularly, deductive-parallel cubic fault simulation, topological deductive back-traced parallel fault simulation, cubic methods of test generation, and the development of algebras for logic fault localization. He has excellent experience in using software tools (C++, Assembler) for carrying out experimental research and in developing new prototype tools for high performance fault simulation, test generation for complex digital systems and networks described by hierarchical models, for design automation and for testability design using IEEE Boundary Scan standards. His research results are related as well to debugging of specialized microprocessor systems, digital systems processing, brain like computing in multiprocessor systems, and last but not least smart cloud traffic control and quantum data structures and computation.

Vladimir Hahanov is the founder and chairman of the international symposium „IEEE East-West Design and Test“, member of 27 program committees for international conferences, the Chief Scientist of Aldec Inc., he cooperates with Cadence, Synopsys, Microsoft, Intel, Kaspersky lab, and Echostar, USA. He has visited more than 100 world known universities in 30 countries, where he has presented his personal scientific achievements and learned the technologies of managing for science and education.

Prof. Vladimir Hahanov has a remarkable experience in managing both research and education, having been the head of Computer Engineering Faculty in his university already for the last 11 Years. His managing professionality his highly recognized, and his reputation among the colleagues and peers at international level is very high.

All that was said above is an excellent prerequisite and a guarantee that prof. Hahanov as a leader would be able to bring the university under his leadership to the high international level in the best European-American stile of education management.

Prof. **Raimund Ubar**
Member of the Estonian Academy of Sciences
Head of the Estonian Excellence Center CEBE (Center of Electronic Systems and Biomedical Engineering)
Tallinn University of Technology
Raja 15 Telefon +372 6202252 raiub@pld.ttu.ee
12618 Tallinn Faks +372 6202253 www.ttu.ee

SYNOPSYS®

Synopsys, Inc.
700 East Middlefield Road
Mountain View, CA 94043-4033

T 650.584.5000
F 650.965.8637
www.synopsys.com

May 9, 2014

To whom it may concern at the Ministry of Education and Science of Ukraine

I have known Professor Vladimir Hahanov for the last 12 years, as a world renowned scientist with outstanding management skills. He has coordinated the organization of the international IEEE East-West Design & Test Symposium, which has been held annually for the last 12 years providing an unsurpassed forum for world-wide researchers and technologists.

The IEEE as the leading worldwide society in technological research and practice awarded Professor Hahanov several times for his outstanding contribution in establishing and strengthening collaboration between researchers from the East and the West. As a result, he has attained high ranks in IEEE Computer Society and was awarded IEEE Computer Society's Senior Member and Golden Core Member status. He serves on several conference program committees and editorial boards of journals.

Professor Hahanov as a director of a world renowned scientific school in the field "Design and Test of Digital Systems" has administered the defense of over 30 doctoral of science dissertations for the last 16 Years.

Professor Hahanov is a valuable scientist, well-known in the world, has published more than 500 scientific papers and is known as an experienced leader with modern western vision, which can be best use for the success of his university and the Ukrainian education system at large.

I strongly support expanding his role.

Sincerely,

Yervant Zorian, PhD,
Fellow & Chief Architect, Synopsys Corp.
Fellow of IEEE,
President, IEEE Computer Society, Test Technology Technical Council
Past General Chair, IEEE Design Automation Conference
Editor-in-Chief Emeritus, IEEE Design & Test of Computers

ՀՀ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ
ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ
ՃԱՐՏԱՐԱԳԻՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ
(ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿ)

ՊԵՏԱԿԱՆ ՈՉ ԱՌԵՎՏՐԱՅԻՆ ԿԱԶՄԱԿԵՐՊՈՒԹՅՈՒՆ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ РА

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНЖЕНЕРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ АРМЕНИИ
(ПОЛИТЕХНИК)

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE RA

STATE ENGINEERING UNIVERSITY OF ARMENIA
(POLYTECHNIC)

№ 04/04/1042-14 «12» 05 2014

To Ministry of Education and Science of Ukraine:

I have known professor Vladimir Hahanov for the last 8 years as a world known scientist, one of the best specialists in Computer Science and IC Design worldwide, outstanding general chair of English-language annual IEEE East-West Design and Test Symposium, who has been organizing and providing world interesting conference for the last 12 years.

Professor Hahanov is a very efficiently working scientist. The circumstance that he is a supervisor of world known scientific school in the field "Design and Test of Digital Systems", has provided defense of about 30 PhD and Doctor of Science dissertations for the last 16 years, witnesses about that. He is Conference Program Committee Member and Edition Journal Board Member in 27 issues.

Professor Hahanov's role in the Global IT Award Committee is not of less importance. The recipients' list of the Award witnesses about the prestige of that Award: Retired Intel CEO Craig Barrett, Apple Cofounder Steve Wozniak, microprocessor inventor Federico Faggin, retired Hitachi CEO Tsugo Makimoto.

Professor Hahanov has crucial role in the organization of Annual International Microelectronics Olympiads of Armenia as a Program Committee Member, too. In addition to successfully conducting the first stage of the Olympiad in Ukraine every year, he significantly contributed to the increase of the reputation of the Olympiad as well: the Olympiad started in 2006 with 80 participants from Armenia and evolved to 613 participants from 22 countries, including USA, Germany, Russia, China, Ukraine, Belarus, India, UAE, Saudi Arabia, Serbia, Jordan, Malaysia, Egypt, Israel, Georgia, Philippines, Turkey, Argentina, Brazil, Chile, Vietnam, Armenia.

Professor Hahanov is a constructive scientist, well-known in the world, has published more than 500 scientific papers and he is known as an excellent leader and experienced head with European vision of the best future for their University and Ukrainian education as well.
Professor Hahanov worthily deserves the profound respect of scientific community of the area.

Vice rector

Ruben Aghgashyan

Հասցե՝ ՀՀ, 0009, Երևան, Տերյան փ. 105: Հեռ.՝ (374 10) 524-629: Ֆաքս՝ (374 10) 545-843
Адрес: РА, 0009, Ереван, ул. Теряна 105: Тел: (374 10) 524-629. Факс:(374 10) 545-843
Address 105 Terian str., Yerevan, 0009, RA. Tel: (374 10) 524-629. Fax: (374 10) 545-843

www.seua.am

ALDEC.
THE DESIGN VERIFICATION COMPANY

Ministry of Education and Science

May 6, 2014

Kiev, Ukraine

To Whom It May Concern,

I have known Vladimir Hahanov for 15 years through joint scientific and industrial activities. He impressed me with exceptional energy and foresight as doctor of technical sciences, professor of EDA Department Kharkov National University of Radio Electronics (KNURE), Dean of Computer Engineering and Control Faculty, IEEE Computer Society Senior and Golden Core Member.

First introducing took place at the University of Radio Electronics, in 1998, when he was pleasantly surprised by their activity to prepare the best students in the world, using advanced technology from my company Aldec, as well as other computer companies in the USA. With my help, he organized an elite student club Aldec, which operates to this day, producing annually 10-20 magnificent professionals in the design of digital systems on chips.

I am pleased to note his outstanding achievements in volunteering to organize and conduct an international symposium «IEEE East-West Design and Test», which was launched by professor Hahanov in 2003 as the first and only purely English-language conference on post-Soviet space. For his fruitful international activities as General Chair, he was awarded the Golden Core Member of IEEE Computer Society.

I would like to note his personal qualities as a thoughtful and constructive scientist, well-known in the world, has published more than 500 scientific papers with high citation index. His work as head of the faculty received numerous awards from the leaders of the Kharkiv city and Ukraine. He is well respected among his subordinates for his tolerance and fair guidelines. His commitment and constructive initiatives not only at faculty, but also at the KNURE level have made it one of the best European universities in high Technologies. He has increased awareness of KNURE among active scientists, technological companies and deserves support from the Ukrainian leadership.

Stanley Hyduke,
CEO and President Aldec Inc.,

ALDEC, INC. CORPORATE SEAL 1984 NEVADA

SYNOPSYS®

№ 362/14 "12" May 2014

To whom it may concern:

I have known professor Vladimir Hahanov for the last 8 years as a world known scientist, one of the best specialists in Computer Science and IC Design worldwide, outstanding general chair of English-language annual IEEE East-West Design and Test Symposium, who has been organizing and providing world interesting conference for the last 12 years.

Professor Hahanov is a professional scientist in his area. He has led world known scientific school in the field "Design and Test of Digital Systems", supervised defenses of about 30 PhD and Doctor of Science dissertations for the last two decades. He is Conference Program Committee Member and Edition Journal Board Member in 27 issues.

Professor Hahanov's role in the Global IT Award Committee is not less important. The list of the Award winners witnesses about the prestige of that Award which is: Retired Intel CEO Craig Barrett, Apple Cofounder Steve Wozniak, microprocessor inventor Federico Faggin, retired Hitachi CEO Tsugo Makimoto.

Professor Hahanov has significant role in organizing the Annual International Microelectronics Olympiads of Armenia as a Program Committee Member, too. He has not only successfully conducted the first stage of the Olympiad in Ukraine every year, but significantly contributed to the increase of the reputation of the Olympiad: the Olympiad started in 2006 with 80 participants from Armenia and evolved to 613 participants from 22 countries, including USA, Germany, Russia, China, Ukraine, Belarus, India, UAE, Saudi Arabia, Serbia, Jordan, Malaysia, Egypt, Israel, Georgia, Philippines, Turkey, Argentina, Brazil, Chile, Vietnam, Armenia.

Professor Hahanov is a world famous scientist, with more than 500 scientific publicaitons. Besides, he is known as an excellent leader and experienced head with European vision of the best future for their University and Ukrainian education as well.

Professor Hahanov worthily deserves the profound respect of scientific community of the area.

Director Hovik Musayelyan

Director of Educational Department,
Head of Microelectronic Circuits and Systems Interdepartmental Chair of State Engineering University of Armenia,
Honorable Scientist of Armenia,
Sci.D., Professor Vazgen Melikyan

"ՍԻՆՈՓՍԻՍ ԱՐՄԵՆԻԱ" ՓԲԸ
0026, ՀՀ, ԵՐԵՎԱՆ, ԱՐՇԱԿՈՒՆՅԱՑ 41
ՀԵՌ.՝ (+374) 10 492100, ՖԱՔՍ՝ (+374) 10 492696
ՀԿՀՀ 02236362

"SYNOPSYS ARMENIA" CJSC
41 ARSHAKUNYATS AVE., YEREVAN, ARMENIA, 0026
TEL.: (+374) 10 492100, FAX: (+374) 10 492696
TAX PAYER'S ID 02236362

UNIVERSITY OF TEHRAN
Electrical and Computer Engineering Department
Faculty of Engineering
North Kargar Avenue
14399 Tehran, Iran

Telephone: +(98-21) 8800-9215
+(98-21) 8802-6200
Facsimile: +(98-21) 8877-8690
+(98-21) 8863-3029
Internet: navabi@ut.ac.ir

June 6, 2014

TO WHOM IT MAY CONCERN:

Ministry of Education and Science of Ukraine:

I have known professor Vladimir Hahanov for the last 12 years as a world known scientist and outstanding general chair of English-language annual IEEE East-West Design and Test Symposium, who has been organizing and providing world interesting conference for the last 12 years. The IEEE as a leader society in the world awarded professor Hahanov several times for the outstanding contribution in the field of volunteer activity for establishing and strengthening contacts between researchers from the East and the West. He holds an outstanding status in IEEE Computer Society. He was awarded the IEEE Computer Society Senior and Golden Core Member.

I have personally attended his classes at Kharkov National University of Radioelectronics, and have been impressed with the level of his students and outcome of the courses that he has been teaching. Students I met at this institution demonstrated an excellent knowledge of the English language, deep understanding of digital design concepts, and strong mathematical background.

Professor Hahanov as a supervisor of world known scientific school in the field "Design and Test of Digital Systems" has provided defense of about 30 PhD and Doctor of Science Dissertations for the last 16 Years. He is Conference Program Committee Member and Edition Journal Board Member in 27 issues including Global IT Committee award. Professor Hahanov is a constructive scientist, well-known in the world, has published more than 500 scientific papers and he is known as excellent leader and experienced head with European vision of the best future for their University and Ukrainian education as well.

It is an honor for me to work with Professor Hahanov in teaching, research, conferences, and international meetings.

Sincerely,

Professor Z. Navabi, Ph.D.

Z. Navabi

Professor
Electrical and Computer Engineering

ԵՎՐՈՊԱԿԱՆ ԿՐԹԱԿԱՆ ՏԱՐԱԾԱՇՐՋԱՆԱՅԻՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱ

EUROPEAN REGIONAL EDUCATIONAL ACADEMY

01-1187

"12" 05 2014թ.

To whom it may concern:

I have known professor Vladimir Hahanov for the last 8 years as a well-known scientist worldwide, one of the preeminent specialists in Computer Science and integrated circuits design, exceptional general chair of English-language annual IEEE East-West Design and Test Symposium, organizing international conference for the past 12 years.

Professor Hahanov is a very competent scientist. Being a supervisor of world known scientific school in the field "Design and Test of Digital Systems", defenses of about 30 PhD and Doctor of Science dissertations for the last 16 years, is a good evidence of that. He is Conference Program Committee Member and Edition Journal Board Member in 27 issues.

Professor Hahanov has great role in the Global IT Award Committee, too. The list of the Award recipients witnesses about the esteem of that Award: Retired Intel CEO Craig Barrett, Apple Cofounder Steve Wozniak, microprocessor inventor Federico Faggin, retired Hitachi CEO Tsugo Makimoto.

Professor Hahanov has essential role in the organization of Annual International Microelectronics Olympiads of Armenia as a Program Committee Member which is not less important. In addition to successfully conducting the first stage of the Olympiad in Ukraine every year, he significantly contributed to the increase of the reputation of the Olympiad as well: the Olympiad started in 2006 with 80 participants from Armenia and evolved to 613 participants from 22 countries, including USA, Germany, Russia, China, Ukraine, Belarus, India, UAE, Saudi Arabia, Serbia, Jordan, Malaysia, Egypt, Israel, Georgia, Philippines, Turkey, Argentina, Brazil, Chile, Vietnam, Armenia.

Professor Hahanov is a famous scientist worldwide with more than 500 scientific publications. Besides, he is known as an excellent leader and experienced head with European vision of the best future for their University and Ukrainian education as well.
Professor Hahanov undoubtedly deserves the respect of scientific community of the area.

Rector of European Regional Educational Academy
Arman Avagyan

ՀՀ, Երևան 0037, Դավթաշեն Հաղթանակ 10, հեռ. (374 10) 246371, ֆաքս (374 10) 241891