

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И
ПРИБОРЫ АВТОМАТИКИ**

**Всеукраинский межведомственный
научно-технический сборник**

Основан в 1965 г.

Выпуск 138

Харьков
2007

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

Для преподавателей университетов, научных работников, специалистов, аспирантов.

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

Для викладачів університетів, науковців, фахівців, аспірантів.

Редакционная коллегия:

В.В. Семенец, д-р техн. наук, проф. (гл. ред.), *М.Ф. Бондаренко*, д-р техн. наук, проф., *И.Д. Горбенко*, д-р техн. наук, проф., *Е.П. Пуятин*, д-р техн. наук, проф., *В.П. Тарасенко*, д-р техн. наук, проф., *Г.И. Загарий*, д-р техн. наук, проф., *А.Штефан*, доктор-инженер, *Г.Ф. Кривуля*, д-р техн. наук, проф., *О.Г. Руденко*, д-р техн. наук, проф., *Н.В. Алипов*, д-р техн. наук, проф., *Е.В. Бодянский*, д-р техн. наук, проф., *Э.Г. Петров*, д-р техн. наук, проф., *В.Ф. Шостак*, д-р техн. наук, проф., *В.М. Левыкин*, д-р техн. наук, проф., *В.И. Хаханов*, д-р техн. наук, проф. (отв. ред.).

Свидетельство о государственной регистрации
печатного средства массовой информации

КВ № 4619 от 18.10.2000г.

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

© Харківський національний університет
радіоелектроніки, 2007

СОДЕРЖАНИЕ

АВРУНИН О.Г., НОСОВА Т.В. ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ТРЕПАНАЦИИ ЧЕРЕПА.....	4
ОДЕЙЧУК А.Н., ШАМША Б.В., ФЕДОРОВ Е.Г. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ВЫБОРА МЕТОДА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СТОХАСТИЧЕСКИХ РЯДОВ В УСЛОВИЯХ ГЕТЕРОСКЕДАСТИЧНОСТИ.....	9
ПАВЛОВ О.А., МИСЮРА О.Б., ХАЛУС О.А. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АЛГОРИТМІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІЄРАРХІЧНОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПЛАНУВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ ЗАВДЯКИ ТОЧНОМУ РОЗВ'ЯЗАННЮ ЗАДАЧІ МІНІМІЗАЦІЇ СУМАРНОГО ЗАПІЗНЕННЯ ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ.....	15
ХАХАНОВ В.И., БАРАННИК В.В., ХАХАНОВА И.В. СЖАТИЕ ВИДЕОДАННЫХ НА ОСНОВЕ КОДИРОВАНИЯ ТРАНСФОРМАНТ.....	18
НОВАКОВСКАЯ Э.Г., ДЁМИНА С.В. ЗАДАЧИ КОНТРОЛЯ ЗА ДВИЖЕНИЕМ АКТИВОВ СТРАХОВОЙ КОМПАНИИ.....	24
ШИПУЛИН В.Д., ПАТРАКЕЕВ И.М., ЕВДОКИМОВ А.А. ТРЕХМЕРНОЕ ГОРОДСКОЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ПРОСТРАНСТВО.....	31
КУЗЬМЕНКО В.М., ТАРАН С.В. АНАЛИЗ ЭВРИСТИЧЕСКИХ ПРАВИЛ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОГО РАСПИСАНИЯ РАБОТ В ЕДИНИЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ.....	35
СОБЧАК А.П., ЕФРЕМЕНКО П.Е. СИНТЕЗ СТРУКТУРЫ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЙ МОДЕЛИ КОНТРОЛЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СТАНЦИЕЙ.....	40
ДЗЮНДЗЮК Б.В., НАУМЕЙКО И.В., СЕРДЮК Н.Н., СТЫЦЕНКО Т.Е. СТРУКТУРЫ И ТИПЫ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ «ЧЕЛОВЕК – МАШИНА – СРЕДА».....	47
РЫСОВАННЫЙ А.Н. МАТРИЦА СОСТОЯНИЙ НЕЛИНЕЙНОГО РЕГИСТРА СДВИГА С ОБРАТНЫМИ СВЯЗЯМИ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ФОРМИРОВАНИЕ СИГНАТУРЫ.....	50
БЕРКО А.Ю., ВИСОЦЬКА В.А. МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ПРОЕКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОННОЇ КОМЕРЦІЇ.....	55
ПОВГОРОДНИЙ В.О. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ С УЧЕТОМ ТЕМПЕРАТУРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ.....	66
КОЛОСОВА С.В., ДОБРИНСКАЯ А.Г. МЕТОДЫ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ПРИБЛИЖЕНИЙ В ПРИМЕНЕНИИ К КРАЕВЫМ ЗАДАЧАМ ДЛЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ.....	72
КРИВУЛЯ Г.Ф., ХАБИС А.А. ЗИДАТ. АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОДУКЦИОННЫХ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ ДИАГНОСТИКИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИНАРНЫХ ОТНОШЕНИЙ.....	76
ЕЛИСЕЕВ В.В., ХАХАНОВ В.И., ПАРФЕНТИЙ А.Н., ХАХАНОВА А.В. МОДЕЛИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ИЕРАРХИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ ГРАНИЧНОГО СКАНИРОВАНИЯ.....	86
РЕФЕРАТИ	98
ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РУКОПИСЕЙ ДЛЯ АВТОРОВ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СБОРНИКА.....	103

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ТРЕПАНАЦИИ ЧЕРЕПА

Приводятся принципы проектирования автоматизированных систем для трепанации черепа. Предлагается структурная схема данной системы. Рассматриваются вопросы, связанные с планированием начального этапа нейрохирургических операций с проведением трепанации черепа. Приводятся основные соотношения для определения параметров сверления кости в автоматическом режиме. Рассматривается комплексный подход, позволяющий сформировать основные медико-технические требования к системе для трепанации черепа.

1. Актуальность исследований

При проведении большинства нейрохирургических оперативных вмешательств проводится процедура трепанации черепа – хирургическая операция вскрытия полости черепа для обеспечения доступа к внутричерепным образованиям. В современной нейрохирургии для трепанации черепа используют специальный инструмент – *трепан* (от греч. *trupanon* – бурав), рабочей частью которого является сверло или фреза [1-3]. Современный трепан представляет собой практически не модифицированную на протяжении последних десятилетий конструкцию, включающую в себя коловорот с металлической ручкой и головкой с набором различных фрез и сверл, выбираемых в зависимости от параметров трепанации.

На современном этапе бурное развитие научно-технического прогресса и его внедрение в медицинскую технику позволило существенно повысить уровень оснащенности хирургических операционных и сформулировать новые стандарты к проведению нейрохирургических операций. Основным требованием при этом является малая инвазивность (травматизм) хирургического вмешательства, достигаемая за счет применения высокоточного оборудования и методов хирургического планирования [1-4].

При выполнении стандартной трепанации черепа (краниотомии) нейрохирург вручную управляет хирургическим коловоротом [1-3]. Недостатком данной процедуры является наличие субъективных факторов, таких как выполнение однообразных рутинных действий, сложность визуального контроля при проведении сверления, неравномерность прикладываемого усилия и распределения давления, опасность повреждения внутричерепных сосудистых образований, которые могут быть снижены только при выполнении трепанации опытным хирургом, но полностью не устранены. Поэтому актуальными являются вопросы, связанные с устранением данных недостатков путем разработки высокоточной автоматизированной системы для проведения трепанации черепа.

Целью исследования является разработка автоматизированной системы для проведения трепанации черепа и формирование основных медико-технических требований к подсистеме планирования трепанации, автоматическому трепану и хирургическому трепанирующему сверлу. Для этого необходимо изучить структурную организацию системы, выделить ее основные модули и рассмотреть принципиальные вопросы их функционирования. Основными этапами планирования трепанации черепа являются: определение локализации трепанационного отверстия, исходя из возможностей обеспечения хирургического доступа к пораженной области, выбор диаметра трепанационного отверстия, который определяется типом и объемом операции, а также конструктивными особенностями применяемого хирургического оборудования, расчет параметров управления автоматизированным трепаном [1-4]. Исходя из этого, разрабатываемая система должна проводить обоснованный выбор геометрических характеристик трепанационного отверстия, определение параметров управления автоматическим трепаном и выполнять сверление черепа в автоматическом режиме.

2. Разработка структурной схемы системы

В соответствии с поставленной задачей и реализацией этапов хирургического планирования структурная схема автоматизированной системы для проведения трепанации черепа (рис. 1) содержит подсистему интраскопии, подсистему планирования трепанации, состоящую из модулей визуализации, анализа изображений, определения параметров трепанации и формирования управляющих воздействий, интерфейсный блок и автоматический трепан с трепанирующим сверлом.

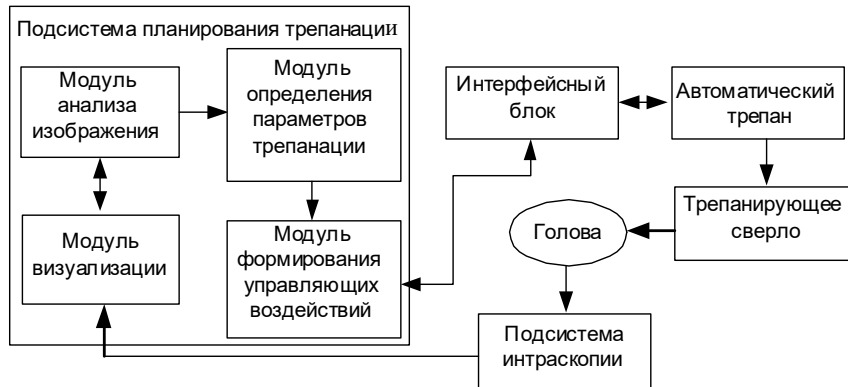


Рис. 1. Структурная схема автоматизированной системы для проведения трепанации черепа

Подсистема интраскопии должна обеспечивать получение изображений костных структур черепа с максимально-возможной точностью. При этом основной целью исследования является возможность определения толщины костных стенок в области трепанации. В настоящее время наиболее полную диагностическую информацию о черепных структурах получают с помощью метода рентгеновской спиральной компьютерной томографии (СКТ) [1, 2-4]. Набор аксиальных томографических СКТ-срезов поступает в систему планирования трепанации, реализованную на основе высокопроизводительной графической рабочей станции. В модуле визуализации проводится отображение исходных томографических срезов и результатов их обработки, которая выполняется в модуле анализа изображений. В модуле определения параметров трепанации делается расчет основных показателей, необходимых для управления автоматическим трепаном. По полученным параметрам модуль формирования управляющих воздействий вырабатывает сигналы управления, которые через интерфейсный блок поступают на автоматический трепан с установленным трепанирующим сверлом. Рассмотрим подробно организацию и принципы функционирования подсистемы планирования трепанации, которая является определяющей при обосновании медико-технических характеристик системы.

3. Реализация модулей визуализации и анализа изображений

Модуль визуализации должен обеспечивать наглядное отображение костных структур в двумерных (2D) режимах визуализации исходных аксиальных томографических срезов и результатов выполнения мультипланарных реконструкций. Дополнительно в режиме 2,5D необходимо предусмотреть отображение характеристической функции костных структур, для хранения значений которой необходимо выделить специальный H (characteristic) буфер. При этом достигаются возможности избирательного или совмещенного отображения костных структур с использованием псевдоокрашивания. Поверхностная трехмерная (3D) визуализация может быть представлена для расширения возможностей отображения при выборе области трепанации и не является определяющей при расчете ее параметров.

В модуле анализа изображений проводится предварительная обработка и сегментация исходных томографических изображений, представляющих собой наборы, состоящие из n полутоновых 8-битовых изображений $F_n(i, j)$ томографических срезов стандартного размера 512×512 элементов. В результате работы данного модуля исходный набор из n изображений СКТ-срезов $F_n(i, j)$ преобразуется следующим образом:

$$F_n(i, j) \rightarrow F'_n(i, j) \rightarrow H_n(i, j),$$

где $F'_n(i, j)$ и $H_n(i, j)$ – изображение n-го СКТ-среза после проведения предварительной цифровой обработки; $H_n(i, j)$ – характеристическая функция костных структур изображения n-го СКТ-среза.

Количество n СКТ-срезов определяется видом патологии. В областях возможной трепанации сканирование должно выполняться с шагом 1-2 мм. Предварительная обработка изображений включает в себя методы гистограммной коррекции уровней интенсивности для повышения возможностей визуального восприятия анатомической картины черепа и прилегающих объектов. Для устранения импульсных помех и артефактов используются алгоритмы медианной фильтрации, не приводящие к существенноному размытию границ костных структур на изображениях СКТ-срезов. Для обострения контуров костных структур в интерактивном режиме можно выполнить процедуры высокочастотной фильтрации изображения с помощью наборов обостряющих масок [5-6].

Сегментация костных структур на предварительно обработанном изображении СКТ-среза заключается в построении бинарной характеристической функции вида:

$$H(i, j) = \begin{cases} 1; \text{при } (i, j) \in D_K; \\ 0; \text{при } (i, j) \notin D_K, \end{cases} \quad (1)$$

где D_K – область изображения, соответствующая костным структурам.

Процесс автоматизированной сегментации основывается на факте, который заключается в том, что костные структуры, являющиеся максимально плотными анатомическими образованиями, представляются в виде протяженных объектов с высокой интенсивностью на фоне мягких тканей, обладающих значительно более низкой интенсивностью (рис. 2, а). Поэтому процедуру сегментации целесообразно выполнять путем анализа гистограммы изображения СКТ-среза и определения порогового уровня T_K , соответствующего границе интенсивностей между костными объектами и внутримозговой тканью. Согласно формуле (1) характеристическая функция костных структур будет определяться следующим образом:

$$H(i, j) = \begin{cases} 1; \text{при } F'(i, j) \geq T_K; \\ 0; \text{при } F'(i, j) < T_K. \end{cases} \quad (2)$$

Методика определения порогового уровня в задачах, аналогичных данной, приводится в литературе [5-6] и не рассматривается в рамках данной работы. Для придания гладкости контурам костных образований на заключительном этапе сегментации необходимо выполнить логическую фильтрацию характеристической функции. Результат проведения процедуры автоматической пороговой сегментации костных структур (в инверсном режиме отображения) приводится на рис. 2,б.

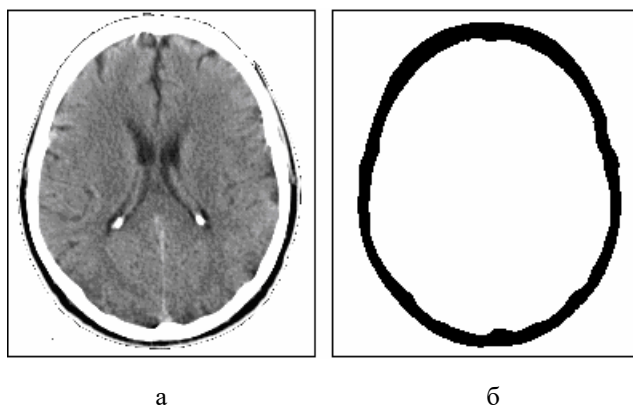


Рис. 2. Иллюстрация проведения автоматической сегментации костных структур на изображении СКТ-среза: а – исходное изображение; б – инверсная характеристическая функция костных структур

4. Реализация модуля определения параметров трепанации

В данном модуле выполняется определение геометрических характеристик трепанации, а также параметров управления автоматическим трепаном. Координаты расположения центра трепанационного отверстия и его диаметр выбираются специалистом интерактивно исходя из возможностей хирургического доступа. Для повышения наглядности процедуры выбора параметров трепанационного отверстия целесообразно использовать мультипланарные реконструкции в плоскостях, перпендикулярных к плоскости томографического сканирования. Диаметр трепанационного отверстия при современных малоинвазивных оперативных вмешательствах составляет не более 25 мм. Толщина костной стенки L_T определяется как минимальная в указанном участке черепа:

$$L_T = \min\{L_m\}, \text{ при } m = 1..M,$$

где M – количество томографических срезов, используемых для расчетов параметров трепанации.

Параметры управления и характеристики автоматического трепана выбираются исходя из приблизительного равенства плотностей костной ткани и твердых пород дерева (бакаут), составляющих в среднем порядка 1400 кг/м^3 [7-9]. В соответствии с этим можно применить следующие формулы для расчета параметров автоматического трепана: при непрерывном сверлении с постоянной толщиной стружки подачу сверла на один оборот определяют по формуле [10, 11]

$$U_n = \frac{10^3 U}{n}, \text{ мм/об}, \quad (3)$$

где U – скорость подачи сверла, м/мин; n – частота вращения сверла, мин^{-1} (об/мин). В соответствии с формулой (3) скорость подачи сверла определяется как:

$$U = \frac{n U_n}{10^3}, \text{ м/мин}. \quad (4)$$

Окружное усилие резания вычисляют по формуле:

$$F = 2,5KdU_n, \text{ Н}, \quad (5)$$

здесь d – диаметр сверла; K – коэффициент удельной работы при сверлении, определяемый по формуле:

$$K = 10\left(K_n + \frac{P_3}{U_n}\right), \text{ Н} \cdot \text{м} / \text{см}^3, \quad (6)$$

где K_n и P_3 – безразмерные коэффициенты, зависящие от диаметра сверла (в частности, при изменении диаметра сверла от 5 до 30 мм значение K_n снижается от 75 до 3,5, а значение P_n от 25 до 1,5).

Крутящий момент определяется по формуле:

$$M = F \cdot \frac{d}{2} = 1,25Kd^2U_n, \text{ Н.м}. \quad (7)$$

Мощность сверления при распространенной размерности частоты вращения в мин^{-1} (об/мин) вычисляется согласно формуле:

$$P = M\omega = \frac{M2\pi n}{60} = \frac{Mn}{9,550}, \text{ Вт}. \quad (8)$$

Усилие подачи сверла определяют по формуле:

$$P_n \approx (1..1,6)F, \text{ Н}. \quad (9)$$

Рекомендуемые параметры режима сверления при использовании трепанирующего сверла диаметром $d=25$ мм, изображенного на рис. 3, вычисляются по формулам (3)-(9): подача сверла на один оборот U_n должна составлять 0,1 мм/об при частоте вращения сверла

порядка 1000 об/мин, скорость подачи сверла U составляет при этом 100 мм/мин, мощность сверления составляет около 400 Вт. Материал режущей части сверла – сталь 9ХС, Х12Ф1 или Х5ВФ по ГОСТ 5950-73 с твердостью режущей части $HRC_3 = 52...56$ [11].



Рис. 3. Хирургическое трепанирующее сверло

5. Реализация модуля формирования управляющих воздействий

Данный модуль может быть выполнен как самостоятельным, так и совмещенным с общим модулем управления при использовании многозвенного хирургического роботоманипулятора. Модуль формирования управляющих воздействий целесообразно выполнить по принципу децентрализованного управления с разделением на два процедурных блока: вычислительного, реализующего стратегический и тактический уровни управления, и исполнительного, в котором проводится управление автоматическим трепаном на уровне сигналов. При этом вычислительный блок, являющийся аппаратно-независимым, целесообразно реализовать на основной графической рабочей станции, а исполнительный – на микроконтроллере, непосредственно формирующем необходимые параметры сигналов управления автоматическим трепаном. Такая организация модуля формирования управляющих воздействий позволяет рационально использовать вычислительные ресурсы системы, реализовать принцип распараллеливания операций и разгрузить графическую рабочую станцию от выполнения рутинных операций. Основными требованиями к интерфейсному блоку являются обеспечение гальванической развязки, надежность обмена данными и простота подключения, так как скоростные характеристики канала, из-за малого объема передаваемых данных (порядка 1 кБайта/с), являются второстепенными.

Выводы

Научная новизна заключается в подробном рассмотрении вопросов проектирования систем для проведения трепанации черепа в автоматическом режиме. Впервые предложен метод хирургического планирования трепанации, основанный на соответствии плотностей костной ткани и плотных пород дерева, позволяющий определять параметры трепанации и характеристики автоматизированного трепана. В результате проведенных исследований были определены функциональные и структурные особенности каждого модуля данной подсистемы, возможности вычисления основных параметров для выполнения трепанации и проведен обоснованный выбор оптимального режима сверления с использованием автоматического трепана.

Практическая значимость заключается в формировании медико-технических характеристик для проектирования компьютерных автоматизированных систем при выполнении трепанации черепа.

При проведении трепанации черепа в автоматическом или полуавтоматическом режиме необходимо применить систему, содержащую подсистемы интраскопии, планирования трепанации, интерфейсный блок и автоматический трепан с трепанирующим сверлом. Основным модулем данной системы является подсистема планирования трепанации, состоящая из модулей визуализации, анализа изображений, определения параметров трепанации и формирования управляющих воздействий. Тестирование работы системы операционного планирования проводилось с использованием исходных томографических срезов СКТ Siemens Somatom+ на базе диагностического центра Харьковской областной клинической больницы. Перспективой является разработка полной конструкторской документации и изготовление опытного образца системы для проведения исчерпывающих тестовых, а затем и клинических испытаний.

Список литературы: 1. Сакович В. П., Колотвинов В. С., Шамов А. Ю. Хирургическое лечение интракраниальных аневризм из птерионального доступа с применением малых трепанационных отверстий // Вопросы нейрохирургии. 2000. №1. С. 3-7. 2. Олешкевич Ф.В., Олешкевич А.Ф. Нейрохирургия. Операции на головном мозге. Минск: Высшая школа, 1993. 294 с. 3. Хирургия опухолей основания черепа / Под ред. А.Н. Коновалова. М.: ОАО Можайский полигр. комбинат, 2004. 372 с. 4. Федоров В.Д., Кармазановский Г.Г., Цвиркун В.В. и др. Новые возможности спиральной компьютерной томографии – виртуальная хирургия // Медицинская визуализация. 2000. № 2. С. 15-18. 5. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2006. 1072 с. 6. Путьтин Е.П., Аверин С.И. Обработка изображений в робототехнике. М.: Машиностроение, 1990. 330 с. 7. Осипов Л.В. Ультразвуковые диагностические приборы. М.: Видар, 1999. 256 с. 8. Gonzalez-Reimers E., Mas-Pascual M., Arnay-de-la-Rosa M. Noninvasive estimation of bone mass in ancient vertebrae // Am. J. Phys. Anthropol. 2004. Т. 125, № 2. Р. 121-131. 9. Справочник по конструкционным материалам / Под ред. Арзамасова Б.Н., Соловьевой Т.В. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. 637 с. 10. Манжос Ф.М. Деревообрабатывающие станки (конструкция, эксплуатация и технологические расчеты). М.: Гослемуиздат, 1963. 674 с. 11. Станочный дереворезающий инструмент. Каталог-справочник, М. НИИмаш, 1976. 416с.

Поступила в редколлегию 12.03.2007

Аврунин Олег Григорьевич, канд. техн. наук, доцент кафедры биомедицинских электронных устройств и систем ХНУРЭ. Научные интересы: медицинское приборостроение, разработка новых методов и аппаратных средств. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 702-13-64, e-mail: bykh@kture.kharkov.ua.

Носова Татьяна Витальевна, канд. техн. наук, младший научный сотрудник кафедры биомедицинских электронных устройств и систем ХНУРЭ. Научные интересы: медицинское приборостроение, разработка новых методов и аппаратных средств. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 702-13-64, e-mail: bykh@kture.kharkov.ua.

УДК 519.246.8

А.Н. ОДЕЙЧУК, Б.В. ШАМША, Е.Г. ФЕДОРОВ

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ВЫБОРА МЕТОДА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СТОХАСТИЧЕСКИХ РЯДОВ В УСЛОВИЯХ ГЕТЕРОСКЕДАСТИЧНОСТИ

Описывается проблема выбора оптимального метода прогнозирования стохастических рядов в условиях гетероскедастичности. Для этого разрабатывается интеллектуальная система, приводится ее обобщенная структура. Основное внимание уделяется проблеме выбора метода оценивания моделей прогнозирования в условиях гетероскедастичности. Вычисляются параметры, влияющие на качество методов оценивания. Для определения оптимального метода оценивания впервые предлагается использовать дерево решений. Построенное дерево решений является основой интеллектуальной системы. В качестве апробации полученных результатов строится модель прогноза официального курса гривны по отношению к доллару США.

1. Постановка проблемы

Прогнозирование финансовых временных рядов – необходимый элемент любой инвестиционной деятельности. Решение задач прогнозирования позволяет банкам, пенсионным и инвестиционным фондам эффективно осуществлять финансовые операции, рассчитывать эффективность принимаемых решений для повышения экономического потенциала. Таким образом, решение задач, связанных с прогнозированием финансовых показателей современных организаций с использованием современных информационных технологий, является актуальным.

Цель данного исследования состоит в разработке интеллектуальной системы выбора метода прогнозирования стохастических временных рядов в условиях гетероскедастичности.

Для этого необходимо решить следующие *задачи*: разработать схему интеллектуальной системы, определить показатели, влияющие на выбор метода прогнозирования, а также предложить механизм классификации временных рядов по методам их обработки.

2. Анализ последних исследований и публикаций, посвященных решению задач прогнозирования значений финансовых показателей

Финансовые временные ряды характеризуются неопределенностью и изменчивостью статистических характеристик с течением времени. Неопределенность приводит к увеличению доверительного интервала прогноза [1]. Для таких временных рядов характерна гетероскедастичность (в финансовой сфере распространены термины «волатильность», «кластеризация волатильности»). Гетероскедастичность характеризуется изменением дисперсии во времени в группах данных. Под волатильностью (volatility – изменчивость, непостоянство) понимают степень изменчивости во времени дисперсии временного ряда. Мерой волатильности служит дисперсия или среднее квадратическое отклонение. Для волатильности характерна так называемая «кластеризация», т.е. в некоторые периоды волатильность принимает большие значения, а в другие – небольшие. Например, при рассмотрении курса валют, анализе инфляции и цен доходностей спекулятивных активов можно выделить периоды, когда колебания временного ряда были незначительны, и периоды, когда, среагировав на определённые события, ряд совершал значительные колебания.

Традиционные модели временных рядов, такие как модель ARMA, не могут адекватно учесть все характеристики, которыми обладают финансовые временные ряды, и требуют расширения.

Для эффективного принятия решений в условиях неопределенности необходимо повысить качество моделей прогнозирования с учетом изменения дисперсий и ковариаций во времени. Такие требования были учтены в моделях с условной авторегрессионной гетероскедастичностью (AutoRegressive Conditional Heteroskedasticity, ARCH), разработанных Энглем (Engle (1982)) [2,3].

Для получения оценок параметров моделей ARCH, GARCH, GARCH-M, EGARCH, HYGARCH и их модификаций может быть использован ряд методов: метод наименьших квадратов (МНК), метод взвешенных наименьших квадратов (ВМНК), обобщенный метод наименьших квадратов (ОМНК), метод максимального правдоподобия (ММП), метод моментов (ММ) [4,5].

3. Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы в данной области

Основной проблемой, затрудняющей использование рассмотренной выше модели ARCH и ее модификаций в условиях гетероскедастичности, является то, что используемые методы для определения оценок параметров данной модели зависят от выполнения предположений и предположений, лежащих в основе данных методов. В каждом конкретном случае точность прогнозирования зависит от корректного применения одного из методов. Выбор метода и обоснование его применения является достаточно сложным и наукоемким процессом и требует от лица, принимающего решения, глубоких знаний в данной предметной области и методах прогнозирования.

С учетом развития информационных технологий и вычислительной техники актуальной является разработка интеллектуальной системы, позволяющей на основе статистических характеристик выборки определить наиболее эффективный метод ее обработки. Построение данной системы является достаточно сложной и наукоемкой задачей.

4. Постановка задачи исследования

Содержательную постановку задачи исследования сформулируем как разработку такой формализованной процедуры F выбора методов M, алгоритмов A, программ P, решения K

задач, которая приводит к выбору системы $S = \bigcup_{k=1}^k S_k$, состоящей из подсистем $S_k, k = \overline{1, k}$.

Выбор каждой S_k сводится к выбору такого подмножества M^k, A^k, P^k решения задачи, которое удовлетворяло бы заданному критерию качества и статистическим характеристикам объекта. Представим синтез S_k следующим образом:

$$\{M, A, P, H, E\} \xrightarrow{F} S_k \left\{ M^k \in M; A^k \in A; P^k \in P \right\}$$
$$E^* = \text{extr}_{M^i \in M} \text{extr}_{A^{ij} \in A} \text{extr}_{P^{ijl} \in P} E(M^i, A^{ij}, P^{ijl}, H),$$

где M – класс методов; A – банк алгоритмов; P – библиотека программ решения отдельных задач; H – характеристики задачи; E – показатели качества подсистемы S_k .

В связи с этим выбор эффективного программного модуля может быть представлен как последовательный выбор метода, алгоритма и программы. Тогда для проектирования системы S_k необходимо решить следующие задачи: сформировать перечень K задач, решаемых в системе S , т.е. поставить задачу проектирования подсистем S_k ; сформировать класс методов M , банк алгоритмов A , библиотеку программ P решения каждой k -й задачи; выявить характеристики и показатели E качества отдельных модулей, по которым можно производить сравнение между собой альтернативных модулей; выявить специфические свойства объекта H , которые влияют на качество решения задач в условиях функционирования системы; установить математическую зависимость между характеристиками качества модулей E и свойствами объекта H ; разработать формализованную процедуру F автоматизированного проектирования прикладного программного обеспечения, т.е. разработать критерии и алгоритмы выбора наилучшего модуля.

В настоящей работе проводится анализ моделей для построения моделей прогноза и методов, позволяющих определить коэффициенты моделей в условиях гетероскедастичности, строится дерево решений для их классификации, которое может стать основой для разработки интеллектуальной системы выбора метода обработки данных в условиях гетероскедастичности.

5. Построение интеллектуальной системы

5.1. Обобщенное описание интеллектуальной системы

На основании анализа методов [4,5], позволяющих определить коэффициенты модели изучаемой выборки в условиях гетероскедастичности и подходов, предлагаемых в [4], представляем разрабатываемую интеллектуальную систему в виде следующей обобщенной схемы (рис. 1).

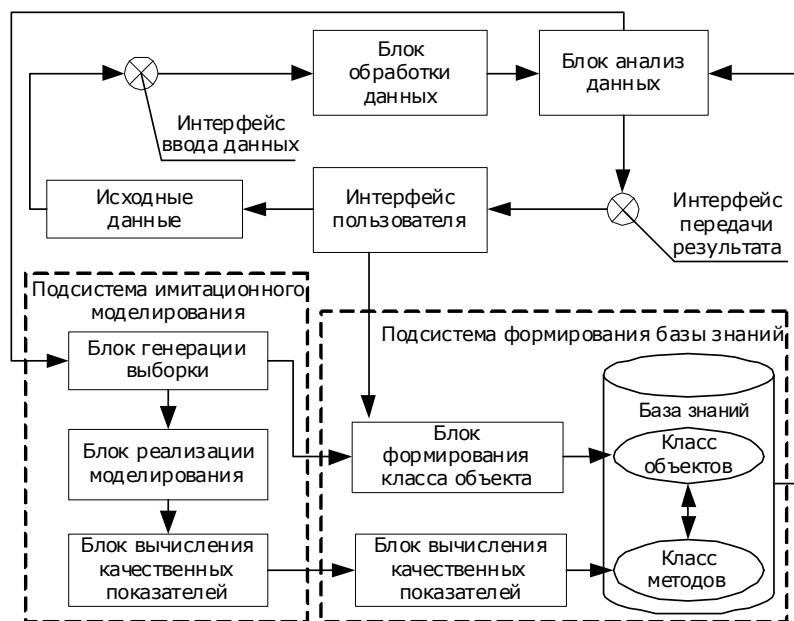


Рис. 1. Обобщенная структура интеллектуальной системы

Алгоритм работы системы представляется следующим образом.

1. Пользователь, используя интерфейс, подает на вход системы через интерфейс ввода данных исходные анализируемые данные, для которых необходимо определить метод их обработки.

2. В блоке обработки данных производится определение статистических характеристик, по которым выбирается метод. После этого они передаются в блок анализа данных.

Блок анализа данных соотносит статистические характеристики с определенным методом. Для этого используется аналитический аппарат, на основе которого принимается решение, а также данные, хранимые в базе знаний, касающиеся методов их обработки. После проведенного анализа, выполняемого данным блоком, получаем результат работы системы – наиболее эффективный метод обработки данной выборки.

Интерфейс пользователя содержит все необходимые для работы компоненты. Он позволяет производить ввод данных в систему, сохранять и загружать их из файла, выводит определяемые основные статистические характеристики выборки, а также предоставляет в удобном для пользователя виде модель прогноза в соответствии с решением, полученным на основе выбранного метода.

В блоке анализа данных решается классификационная задача. Для этой цели могут применяться нейронные сети, карты Кохонена, деревья решений, дискриминантный анализ, кластерный анализ, непараметрические статистики, нелинейное оценивание [4]. Применение одновременно нескольких из приведенных методов классификации позволит многократно повысить надежность получаемых решений, однако при этом возрастает время, затрачиваемое на проведение анализа.

В тех случаях, когда на выходе блока анализа данных не получен наиболее подходящий для этой выборки метод, с использованием подсистемы имитационного моделирования проводится ряд экспериментов, результатом которых будут выявлены статистические показатели, соотносящиеся с методами обработки данных, которые нужно проанализировать дополнительно для получения необходимого результата.

В данной работе впервые предложено выполнить блок анализа данных на основе дерева решений. Это обусловлено тем, что выборку могут описывать не только количественные показатели, но и качественные.

Дерево решений – это способ представления правил в иерархической, последовательной структуре, где каждому объекту соответствует единственный узел, дающий решение. Дерево решений позволяет использовать для ветвления как непрерывные, так и категориальные переменные, что значительно расширяет возможности проведения анализа данных.

5.2. Выделение параметров, на основе которых будет осуществляться выбор метода оценивания и построение имитационной модели

Реализация процедуры автоматизированного выбора методов прогнозирования предполагает возможность их сравнительного анализа по некоторым критериям. Обязательным условием выбора показателя для сравнения методов является возможность количественной оценки критерия.

Для сравнения методов будем использовать следующие параметры [4]: $h_1 = n$ – объем выборки; $h_2 = p$ – количество независимых переменных; $h_3 = \lambda_{\min} / \lambda_{\max}$ – показатель обусловленности матрицы плана (матрицы регрессоров); $h_4 = \sigma_{\text{еу}}^2$ – дисперсия ошибки в зависимой переменной; $h_5 = b^T b$ – длина вектора истинных коэффициентов в модели; $h_6 = \sigma_{\text{еу}}^2 / \sigma_y^2$ – соотношение дисперсий шум/сигнал для зависимой переменной; $h_7 = \eta$ – уровень засоренности распределения, если последнее является смесью $f(\varepsilon) = (1 - \eta)f_1(\varepsilon) + \eta f_2(\varepsilon)$; $h_8 = \tau_3$ – время затухания автокорреляционной функции $R(\tau_3)$; $h_9 = \sigma_{\text{хе}}^2 / \sigma_x^2$ – соотношение дисперсии шум/сигнал для независимых переменных; $h_{10} = \max r_{\text{хе}}$ – максимальная корреляция ошибок с переменными x .

Характеристики h_j могут изменяться в широких пределах, однако на основании проведенных исследований реальных процессов в [4] интервалы изменения по каждой h_j следующие: $h_1 = 20 \div 200$; $h_2 = 5 \div 50$; $h_3 = 10^{-3} \div 1$; $h_4 = 0 \div 10$; $h_5 = 1 \div 100$; $h_6 = 0 \div 60$; $h_7 = 0 \div 20$; $h_8 = 0 \div 50$; $h_9 = 0 \div 60$; $h_{10} = 0 \div 0.5$.

Интервалы исследования необходимо принять более широкими, чем они обычно встречаются на практике. Это позволит изучить поведение алгоритма в экстремальных ситуациях на границах области изменения параметров объекта. Для того чтобы соотнести приведенные выше параметры и их значения с конкретным методом, была разработана про-

грамма на встроенном языке программирования математического пакета MATLAB, генерирующая выборки с варьируемыми статистическими характеристиками. Результатом выполнения программы в MATLAB является массив данных, содержащий значения параметров выборки и наиболее подходящий для ее анализа метод. В данной работе проведены исследования по методам МНК, ВМНК и ОМНК. Далее предполагается провести также исследования с учетом методов ММП и ММ.

Для того чтобы в дальнейшем соотносить подаваемую на вход интеллектуальной системы выборку с определенным методом ее обработки, необходимо построить дерево решений.

5.3. Построение дерева решений

Для построения дерева решений может быть использован один из множества существующих алгоритмов: CHAID, Exhaustive CHAID, C&RT, QUEST [6].

Дерево решений было построено на основе алгоритма C&RT, разработанного Л. Брейманом с соавторами (Breiman и др., 1984). Данный метод представляет собой алгоритм построения бинарного дерева решений – дихотомической классификационной модели; каждый узел дерева при разбиении имеет только двух потомков. Ошибка при выборе метода на основе дерева решений составляет 3,51% и является наименьшей среди предлагаемых алгоритмов.

Полученное дерево решений приведено на рис. 2, где V1 – количество измерений; V2 – количество переменных; V3 – дисперсия ошибки; V4 – процент ошибки в выборке; V5 – целевая переменная.

Из рис.2 видно, что в условиях гетероскедастичности применение МНК не дает эффективных оценок параметров модели. В большинстве случаев необходимо использовать метод ОМНК.

На основе построенного дерева решения было разработано ядро интеллектуальной системы выбора метода прогнозирования финансовых временных рядов в условиях гетероскедастичности.

5.4. Апробация полученных решений

Поиск метода построения модели прогноза был проведен для финансового временного ряда официального курса гривни по отношению к доллару США, установленного Национальным банком Украины за период с января 1996 г. по декабрь 2001 г. (среднее за период). Данные получены из официального сайта Национального банка Украины [7]. В качестве фундаментальных факторов, влияющих на курс гривни, были выбраны: валовой внутренний про-



Рис. 2. Дерево решений

дукт в фактических ценах; денежные доходы населения, млн. грн; денежные затраты населения, млн. грн; уровень безработицы (на конец периода), в процентах; индекс цен потребительского рынка; индекс цен производителей промышленной продукции; размер дефицита бюджета; ставка рефинансирования; межбанковская ставка; депозитная ставка; ставка кредитования.

Анализ построенного прогноза показал, что реальные данные курса валют практически полностью попадают в доверительный интервал. Некоторые незначительные отклонения реального курса от прогнозных значений обусловлены тем, что при проведении расчета не учитывались такие качественные факторы, как административное регулирование валютного рынка, тип проводимой в стране фискально-денежной политики, а также интервенции центрального банка на межбанковском валютном рынке.

Расчеты были проведены с использованием математического пакета MATLAB.

6. Выводы

Научная новизна: разработана структурная схема интеллектуальной системы выбора метода прогнозирования финансовых временных рядов; впервые предложено использовать дерево решений для определения метода обработки данных в зависимости от статистических характеристик временного ряда. Построено дерево решений на основе алгоритма C&RT, которое является основой интеллектуальной системы выбора метода обработки данных.

Практическая ценность: в процессе проведения исследований была разработана программа, которая позволила провести имитационное моделирование временных рядов с различными статистическими характеристиками в условиях гетероскедастичности, что дало возможность оценить эффективность различных методов прогнозирования в условиях гетероскедастичности. Предложенные решения прошли апробацию при составлении научного прогноза финансового временного ряда официального курса гривни по отношению к доллару США. В результате апробации (составлении прогноза) показана высокая эффективность использования предложенного подхода. Все процедуры и модели прогноза были рассчитаны с помощью математического пакета MATLAB.

Созданное ядро интеллектуальной системы позволяет получать эффективный прогноз в различных отраслях хозяйственной деятельности и науки. Наиболее эффективно применение данной разработки в задачах составления прогнозов курсов валют, оценки валютного риска, котировок акций, уровня цен на нефть, газ, уголь, электроэнергию и др.

Список литературы: 1. *М. Кендэл*. Временные ряды. М.: Финансы и статистика, 1981. 199 с. 2. *Грін, Вільям Г.* Економетричний аналіз: Пер. з англ. А.Олійник, Р.Ткачук.; Наук. ред. пер. О.Комашко; Передм. О.І.Черняка, О.В.Комашка. К.: Видавництво Соломії Павличко „Основи”, 2005. 1197 с. 3. *Бородич С.А.* Эконометрика / Пособие для ВУЗов. Мн.: Новое знание, 2004, 596 с. 4. *Шамша Б.В., Гурій А.М., Дудар З.В., Левикін В.М.* Математичне забезпечення інформаційно-управляючих систем: Підручник для студентів ВНЗ. Харків: ТОВ „Компанія СМІТ”, 2005. 448 с. 5. *Титов О.А.* Математические методы обработки наблюдений. СПб.: Санкт-Петербургский Государственный Университет, 2001. 70 с. 6. *Breiman L., Friedman J.H., Olshen R.A., and Stone C.T.* Classification and Regression Trees. Wadsworth, Belmont, California, 1984. 7. Сайт Национального Банка Украины. – <http://www.bank.gov.ua>.

Поступила в редколлегию 17.03.2007

Одейчук Андрей Николаевич, магистрант кафедры ИУС ХНУРЭ. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 8(057) 335-32-32.

Шамша Борис Владимирович, канд. техн. наук, проф., доц. кафедры ИУС ХНУРЭ. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 8(057) 343-27-78.

Федоров Евгений Григорьевич, аспирант кафедры ИУС ХНУРЭ. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 8(057) 716-82-85.

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АЛГОРИТМІЧНОГО
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІЄРАРХІЧНОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ
ПЛАНУВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ ЗАВДЯКИ
ТОЧНОМУ РОЗВ'ЯЗАННЮ ЗАДАЧІ МІНІМІЗАЦІЇ СУМАРНОГО
ЗАПІЗНЕННЯ ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ**

Розглядається NP-складна задача «Мінімізація сумарного запізнення виконання незалежних завдань одним приладом». Визначається залежність підвищення ефективності алгоритмічного забезпечення ієрархічної автоматизованої системи планування та управління проектами (ІАСПУП) від результатів розв'язання даної задачі.

Вступ

Система ІАСПУП – діалоговий пакет програм, призначених для розв'язання задач планування та управління складними організаційними та виробничими проектами. Метою розробки підсистеми погодженого планування є формування погоджених планів виконання проектів множиною обмежених ресурсів, оптимальних за різними критеріями, що забезпечує досягнення цілей проектів у рамках обмежених ресурсів і строків з належною якістю.

Математичне забезпечення системи ІАСПУП засновано на системі нових високоефективних взаємозв'язаних алгоритмів, які дозволяють в комплексі розв'язувати задачі погодженого планування за різними критеріями оптимальності. Тому ефективність роботи системи суттєво залежить від ефективності методів розв'язання задач, що входять до складу системи.

Задача планування та управління проектами на основі дворівневої моделі в системі ІАСПУП

Загальна постановка задачі. Нехай задана множина n комплексів взаємозв'язаних робіт $J = \{J_1, J_2, \dots, J_n\}$, що входять до складу портфеля з n проектів (комплекс робіт J_i , $i = 1, n$, надалі називається завданням). На кожній підмножині J_i заданий частковий порядок орієнтованим ациклічним графом. Часткова упорядкованість визначається технологією виконання робіт проекту. Кожна наступна робота може початись тільки по завершенню попередніх робіт. Вершини графа відповідають роботам, зв'язки вказують на відносини передування. Кінцеві вершини, що відповідають виконаним завданням, замикаються на вершину з нульовою тривалістю (не порівнянню з тривалостями попередніх робіт), що символізує завершальну подію закінчення проектів. Для кожної вершини j графа відома l_j – детермінована тривалість виконання (інтегрований показник, що відбиває виділені ресурси – матеріальні, людські, виробничі), для кожної роботи $j^1 \in I$ (I – множина кінцевих вершин) задана вага w_j ; для окремих завдань заданий директивний строк закінчення D_i . Величина ваги визначається потенційною складністю, важливістю і неоднозначністю виконання тих робіт, без яких у цілому проект не може бути виконаний. Для виконання робіт використовується система у вигляді множини обмежених ресурсів. Сукупність ресурсів і виконавців розділена на окремі, досить автономні модулі – мультиресурси (мультиресурс – стійка група працюючих разом ресурсів, наприклад, бригада, група однотипного устаткування, однопрофільний підрозділ). Мультиресурси можуть знаходитися як в одній, так і в різних організаціях.

Необхідно побудувати погоджений план виконання комплексу робіт проектів мультиресурсами з урахуванням таких критеріїв оптимальності і їх комбінацій:

- а) мінімізація сумарного зваженого моменту закінчення виконання завдань (задача 1);
- б) мінімізація сумарного часу виконання всіх завдань проекту (задача 2);
- в) виконання завдань без порушення директивних строків D_i («точно в строк», задача 3);
- г) мінімізація сумарного зваженого моменту закінчення виконання завдань, якщо для деяких завдань $i \in 1, n$ не можуть бути порушені директивні строки D_i (задача 4);
- д) мінімізація сумарного зваженого запізнення виконання завдань відносно директивних строків: $\sum_{i=1}^n \omega_i \max(0, C_i - D_i) \rightarrow \min$, де ω_i – вага комплексу робіт, рівна вазі кінцевої вершини; C_i – момент закінчення виконання комплексу робіт J_i , $i = \overline{1, n}$ (задача 5);

е) мінімізація сумарного зваженого запізнення виконання завдань відносно директивних строків, якщо для деяких завдань $i \in 1, n$ директивні строки D_i не можуть бути порушені (задача 6);

є) мінімізація сумарного зваженого випередження та запізнення відносно директивних строків: $\sum_{i=1}^n \omega_i |C_i - D_i| \rightarrow \min$ (задача 7).

Дворівнева модель планування та управління проектами. В основу математичного забезпечення системи ІАСПУП покладена дворівнева модель планування та управління проектами, функціональна схема якої представлена на рисунку.

Побудова погодженого плану виконання комплексів робіт проектів здійснюється в два етапи. Перший етап полягає в побудові агрегованої моделі. Тривалість виконання агрегованої роботи визначається її критичним шляхом. Для кожного комплексу робіт визначається критичний шлях виконання агрегованих робіт. На основі агрегованої інформації будується граф на критичних шляхах завдань. Вершини отриманого графа – це агреговані роботи, дуги відбивають зв'язок між мультиресурсами, що регламентують технологію виконання завдань. Кінцеві вершини відповідають виконаним завданням. Для визначення пріоритетів завдань при побудові погодженого плану виконання завдань проекту відповідно до критеріїв оптимальності важливим є розв'язання на першому рівні задачі «Мінімізація сумарного зваженого моменту закінчення виконання завдань одним приладом при відношенні порядку, заданому орієнтованим ациклічним графом» для випадку, коли вагові коефіцієнти усіх вершин графа зв'язності, крім кінцевих, дорівнюють нулю [3, 4]. У результаті розв'язання цієї задачі формується послідовність виконання агрегованих робіт σ^{opt} , у якій підпоследовності агрегованих робіт упорядковані по убаванню пріоритетів, що визначають черговість запуску агрегованих робіт на виконання.

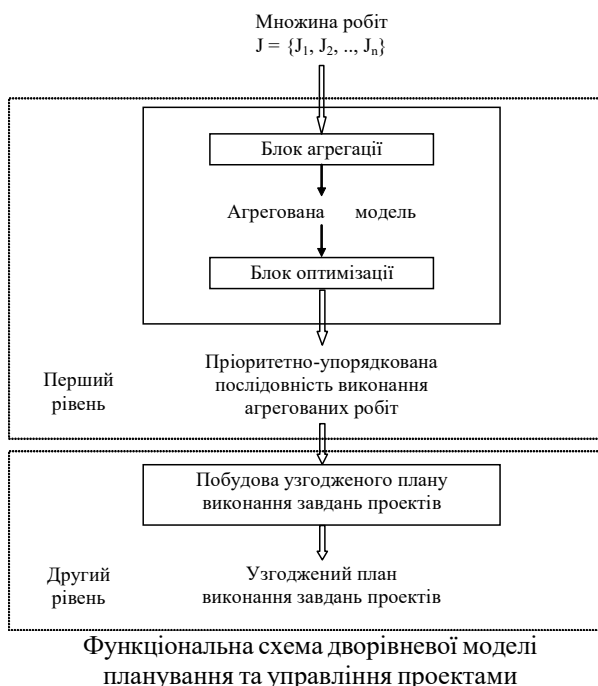
Другий етап полягає в побудові погодженого плану виконання завдань проекту з урахуванням зазначених вище критеріїв оптимальності. Пріоритети агрегованих робіт, отримані на першому рівні, служать додатковою інформацією, що дозволяє значно підвищити ефективність отриманих розв'язків.

Математичне забезпечення системи ІАСПУП представлено системою вискоєфективних взаємозв'язаних алгоритмів, які дозволяють розв'язувати задачі планування у комплексі. В склад математичного забезпечення входить задача мінімізації сумарного запізнення виконання незалежних завдань з директивним строком одним приладом (МСЗ).

Структура алгоритмічного забезпечення системи заснована на виділенні загальних алгоритмічних блоків для розв'язання різних

задач та їх комбінування для швидкого конструювання алгоритмів. Це забезпечує побудову на основі єдиної логіки загальної схеми розв'язання задач за різними критеріями оптимальності. Алгоритм розв'язання задачі МСЗ та окремі його блоки є складовими частинами алгоритмів за іншими критеріями оптимальності (виконання «точно в строк», мінімізації сумарного зваженого запізнення виконання завдань відносно директивних строків, мінімізації сумарного випередження та запізнення виконання завдань відносно директивних строків та ін.). Тому від ефективності розв'язання задачі МСЗ та інших алгоритмів, що входять до складу системи, залежить ефективність системи ІАСПУП в цілому.

Задача МСЗ відноситься до NP-складних, що обумовлює складність пошуку не тільки точних методів розв'язання цих



задач, але і наближених. Існуючі методи дозволяють розв'язувати задачі невеликої розмірності. Тому виникла необхідність пошуку нових ефективних алгоритмів розв'язання реальних практичних задач великої розмірності. Наведемо постановку задачі.

“Мінімізація сумарного запізнення виконання незалежних завдань з директивними строками одним приладом”. Припустимо, що задано множину незалежних завдань $J = \{j_1, j_2, \dots, j_n\}$, кожне з яких складається з однієї операції. Для кожного завдання відома тривалість виконання l_j і директивний строк виконання D_j . Завдання надходять у систему одночасно в момент $d_j = 0, j = \overline{1, n}$. Переривання не допускаються. Необхідно побудувати розклад виконання завдань для одного приладу, що мінімізує сумарне запізнення при виконанні завдань: $f = \sum_{i=1}^n \max(0, C_i - D_i)$, де C_j – момент завершення виконання завдання j . Огляд відомих методів розв'язання цієї задачі наведений у [1, 2]. Згідно з Ду і Люнгом, задача є NP-складною.

На кафедрі АСОІУ запропоновано ефективний ПДС-алгоритм (алгоритм із поліноміальною й експоненційною складовими) розв'язання задачі, який базується на ідеях виділення поліноміальної складової алгоритму та отримання умов, коли експоненційна складова може декомпонувати початкову задачу на підзадачі меншого розміру. Для цього алгоритму виведено логіко-аналітичні умови («р-умови»), які перевіряються в процесі розв'язання довільної індивідуальної важкорозв'язуваної задачі, і у випадку їх виконання дана довільна індивідуальна задача точно розв'язується поліноміальним підалгоритмом. Експоненційний підалгоритм включає строго визначені логіко-аналітичні умови («d-умови»), при виконанні яких в процесі розв'язання довільної індивідуальної задачі вона строго декомпонується на підзадачі меншого розміру. Алгоритм використовує новий підхід до розв'язання задач з директивними строками, який полягає в оптимальному використанні резервів часу незапізнених завдань, що дозволяє розв'язувати задачі з числом завдань, суттєво більшим, ніж 500 [2].

Висновок

Досліджено структуру і принципи побудови алгоритмічного забезпечення системи ІАС-ПУП, яке представлено системою високоефективних взаємозв'язаних алгоритмів розв'язання задач планування та управління проектами за різними критеріями. Показано, що від ефективності розв'язання NP-складної задачі «Мінімізація сумарного запізнення виконання незалежних завдань з директивними строками одним приладом» суттєво залежить ефективність роботи системи ІАСПУП у цілому. Реалізація планування функціонування складних об'єктів не на основі системи базових алгоритмів розв'язання задач, що використовується в теперішній час, а за допомогою створення системи нових високоефективних взаємозв'язаних алгоритмів дозволить ефективно вирішувати задачі планування за різними критеріями у комплексі.

Список літератури: 1. Павлов А.А., Теленик С.Ф. Информационные технологии и алгоритмизация в управлении. К.: Техника, 2002. 344 с. 2. Павлов А.А., Мисюра Е.Б. Эффективный точный ПДС-алгоритм решения задачи о суммарном запаздывании для одного прибора // Системні дослідження та інформаційні технології. 2004. №4. С.30-59. 3. Конвей Р.В., Максвелл У.Л. Теория расписаний. М.: Наука, 1975. 359 с. 4. Конструктивные полиномиальные алгоритмы решения индивидуальных задач из класса NP. / А.А.Павлов, Л.А.Павлова, Е.Б.Мисюра и др. К.: Техніка, 1993. 126 с. 5. Павлов О.А., Мисюра О.Б., Халус О.А. Аналіз складності та ефективності розв'язання задач третього рівня системи планування та управління дрібносерійним виробництвом / Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка. К.: “БЕК+”, 2006. №44. С.14-20.

Надійшла до редколегії 06.03.2007

Павлов Олександр Анатолійович, д-р техн. наук, проф., декан факультету інформатики й обчислювальної техніки НТУУ «КПІ», директор НДІ інформаційних процесів. Наукові інтереси: сучасна теорія управління, математичні методи дослідження операцій, статистичного аналізу й прогнозу, важкорозв'язні комбінаторні задачі й теорія NP-повноти. Адреса: Україна, 03056, Київ, пр. Перемоги, 37, к. 317/2-18, тел. (044) 236-19-70; e-mail: pohilko@asu.ntu-kpi.kiev.ua.

Мисюра Олена Борисівна, канд. техн. наук, старший науковий співробітник НДІ інформаційних процесів НТУУ «КПІ». Наукові інтереси: важкорозв'язні комбінаторні задачі й теорія NP-повноти. Адреса: Україна, 03056, Київ, пр. Перемоги, 37, к. 229/3-18, тел. (044) 454-92-87; e-mail: misura@asu.ntu-kpi.kiev.ua

Халус Олена Андріївна, аспірантка кафедри АСОІУ НТУУ «КПІ». Наукові інтереси: важкорозв'язні комбінаторні задачі й теорія NP-повноти. Адреса: Україна, 03056, Київ, пр. Перемоги, 37, к. 429/3-18, тел. (044) 497-92-38, e-mail: selena.ua@gmail.com.

В.И. ХАХАНОВ, В.В. БАРАННИК, И.В. ХАХАНОВА

СЖАТИЕ ВИДЕОДАНЫХ НА ОСНОВЕ КОДИРОВАНИЯ ТРАНСФОРМАНТ

Создается компактное представление видеоданных, основанное на принципиально новом подходе к процессам устранения избыточности в трансформантах ортогональных преобразований. Разрабатывается полиадическое кодирование трансформант ортогональных преобразований. Сжатие изображений достигается в результате сокращения комбинаторной избыточности в трансформантах ортогональных преобразований.

1. Введение

В развитии общественных отношений и организации народного хозяйства важное место занимают такие процессы как: сбор, хранение, передача, переработка информации, ее анализ информации и принятие решений. С 90-х годов широко развиваются видеoinформационные процессы взаимодействия. Возникает необходимость удовлетворения потребностей абонентов в услугах, предоставляемых на основе информационных технологий. Сюда относится связь, интерактивное, высококачественное, многопрограммное телевидение, интерактивный высокоскоростной доступ к ресурсам сети Интернет, видеоконференциальная связь, вещание видео по сети, видеofотомониторинг Земли, компьютерная диагностика состояния здоровья. Основная особенность видеoinформационного обмена состоит в больших объемах цифрового представления изображений. Это является основной причиной больших временных задержек в процессе обработки и передачи видеоданных по сетям. Отсюда **цель исследований** состоит в необходимости уменьшения объемов видеоданных. Для этого в структуре информационных систем (ИС) используется подсистема сжатия видеоданных (ПСВ) [1 - 5].

2. Формулировка проблемы

В настоящее время разработано несколько десятков различных методов компактного представления изображений. Некоторые методы сжатия реализованы в графических стандартах. В зависимости от требований, предъявляемых к качеству восстанавливаемых изображений, все методы сжатия классифицируются на две группы. Первую группу образуют методы компактного представления с контролируемой потерей качества. Во вторую группу входят методы компактного представления без внесения погрешности.

Методы сжатия дополнительно делятся на базовые и комплексные. Комплексные методы в процессе сжатия используют несколько базовых методов сжатия. В свою очередь базовые методы разделяются по виду сокращаемой избыточности в изображениях. Вероятностная и статистическая избыточность снижается на основе кодов Хаффмана и арифметического кодирования (АК). Данные типы кодов являются поэлементными. Кодограмма формируется для отдельных элементов входных сообщений. Ее длина зависит от вероятности появления символов алфавита во входном сообщении. Вероятностные и статистические характеристики входных последовательностей зависят от класса изображений. Реалистические изображения имеют высокую степень насыщенности мелкими деталями. В этом случае уменьшается степень неравномерности распределения вероятностей. Это обуславливает низкую степень сжатия (до 2-х раз). Методы такого класса реализованы в стандартах сжатия данных MNP5 и MNP7 [2, 3].

Простейшая структурная избыточность сокращается на базе следующих методов [3]:

– кодирования длин серий (КДС). К семейству методов КДС относится алгоритм RLE. Реализуются в графических форматах PCX, BMP;

– методы LZ77, LZSS, LZW, GLZW, BTLZ. Реализуются в стандарте сжатия V.42bis и графических форматах GIF, TIFF. Основная идея: второе и последующие вхождения некоторой строки символов в сообщении заменяются ссылкой на ее первое появление в сообщении.

Степень сжатия для данных методов зависит от частоты цветовых перепадов и от размеров областей, окрашенных одним цветом.

Недостатком базовых методов сжатия без внесения погрешности являются высокие временные затраты на обработку и передачу данных. Временные задержки достигают нескольких минут.

Методы компактного представления с контролируемой потерей качества учитывают особенности зрительного восприятия. Наиболее распространенными являются методы форматов JPEG (используется дискретное косинус-преобразование) и JPEG 2000 (используется wavelet-преобразование). Сокращается визуальная избыточность изображений. Обеспечивается выигрыш по степени сжатия реалистических изображений относительно методов без внесения погрешности [1, 4].

В то же время при увеличении объемов передаваемых видеоданных суммарное время на их доведение увеличивается до нескольких минут. Такой недостаток объясняется: ограниченной степенью сжатия для методов форматов JPEG и JPEG2000. Низкая степень сжатия достигается для пикового отношения сигнал/шум на уровне 40 дБ и в режиме loss-less.

Отсюда следует, что для снижения времени доведения данных в ИС на основе ПСВ требуется увеличить степень сжатия для методов, использующих ортогональные и wavelet-преобразования.

Поэтому **научной задачей** является разработка метода сжатия, обеспечивающего увеличение коэффициента сжатия изображений, на основе:

- использования ортогональных преобразований;
- организации процессов сжатия трансформант за счет устранения новых видов избыточности.

3. Основной материал исследований

Представляет интерес рассмотрение трансформанты (матрицы коэффициентов дискретного косинус-преобразования (ДКП)) как комбинаторного объекта. Трансформанты ортогональных преобразований в отличие от исходных блоков изображений имеют комбинаторную избыточность. Такая избыточность объясняется [5]:

- неравномерными значениями элементов в строках трансформанты;
- остаточной корреляцией компонент ДКП;
- взаимной зависимостью компонент ДКП;
- неравномерностью распределения значений компонент ДКП.

Наличие комбинаторной избыточности в трансформантах преобразований имеет статистическую и психовизуальную интерпретации:

- психовизуальная избыточность вызвана нечувствительностью зрения человека к некоторым аналоговым особенностям изображений. Следовательно, найдутся такие различные перестановки элементов изображения, которые будут восприниматься визуально одинаково. Эти перестановки являются избыточными и сокращаются в результате полиадического кодирования;

- вероятностная и статистическая избыточность определяется различной вероятностью появления некоторых последовательностей элементов изображений. С точки зрения комбинаторики это можно трактовать как безвозвратную выборку из элементов с различными значениями спецификаций (количество элементов одного вида). Значит, появляются избыточные выборки элементов изображений.

Комбинаторная избыточность исключаются методами полиадического кодирования. В этом случае массив данных рассматривается как полиадическое число. Для него строится смешанная система оснований. Полиадическое кодирование компонент ДКП задается выражением

$$N_{\ell}^{(1)} = \sum_{k=1}^n y'_{k\ell} h_k, \quad (1)$$

где $U'_{k,\ell}$ – целая часть вещественного значения (k,ℓ) компонента ДКП $U_{k,\ell}$; $N_\ell^{(1)}$ – полиадический код ℓ столбца трансформанты ДКП; n – размерность трансформанты; h_k – весовой параметр k строки трансформанты $k=\overline{1,n}$, $\eta=\overline{2,n}$.

Одномерные полиадические числа формируются на базе столбцов трансформанты ДКП. Матричная запись вычисления значений кодов номеров имеет вид

$$N^{(1)} = H^T Y^{(1)},$$

где H^T – транспонированный вектор $H^T = \{ \prod_{\eta=2}^m \lambda_{\eta,\dots}, \dots, \prod_{\eta=i+1}^m \lambda_{\eta,\dots}, 1 \}$ весовых коэффициентов

одномерного полиадического числа; $Y^{(1)}$ – столбец трансформанты Y компонентов ДКП $Y = \Gamma(n_1) X(m_1, m_2) \Gamma^T(n_2)$; $X(m_1, m_2)$ – матрица фрагмента исходного изображения; $\Gamma(n_1)$, $\Gamma^T(n_2)$ – исходная и транспонированная матрица базисных коэффициентов ДКП; $N^{(1)}$ – код-номер одномерного полиадического числа $Y^{(1)}$.

Особенность трансформант ДКП заключается в уменьшении значений компонент по Z – развертке. Развертка начинается в верхнем левом углу и заканчивается в нижнем правом углу. Такую особенность необходимо учитывать для двумерного полиадического числа. Величина двумерных полиадических кодов будет зависеть от значений элементов в верхнем левом углу. Следует обеспечить соответствие между свойствами полиадических кодов и особенностями трансформант преобразований. Это приведет к увеличению коэффициента сжатия.

Для уменьшения значений кодов $N_\ell^{(1)}$ на основе учета свойств компонент $U'_{k,\ell}$ и полиадических кодов предлагается производить переформатирование трансформанты ДКП. Форматирование трансформанты заключается в следующих действиях: трансформанта разворачивается на 180 градусов; проводится замена принципа индексации компонентов.

Индексация заключается в обходе трансформанты по Z развертки. При программной или аппаратной реализации кодирующего устройства форматирующие действия не проводятся. При кодировании трансформанты сразу задается способ обхода ее компонент.

Для дополнительного повышения количества сокращаемой комбинаторной избыточности и исключения переполнения равномерной кодограммы предлагается организовывать комбинированное полиадическое кодирование. Такое кодирование основано на комбинированном использовании полиадических кодов отдельных столбцов и полиадических кодов нескольких столбцов (всей трансформанты). Такая комбинация позволяет адаптироваться процессу кодирования к структурным особенностям каждого блока данных.

Комбинированное полиадическое кодирование соответствует процессу выбора столбцов трансформанты или всей трансформанты, для которых вычисляется один общий код. Для остальных столбцов код находится по отдельности. Отбор столбцов трансформанты, для которых формируется общий код, осуществляется на основе неравенства:

$$\prod_{k=1}^n \prod_{\gamma=1}^{n^*} \omega_{k,\gamma} \leq 2^M - 1, \quad (2)$$

где n^* – выборочное количество столбцов из трансформанты ДКП, $n^* = \overline{1,n}$; $\omega_{k,\gamma}$ – основание обобщенного полиадического числа, определяемое как минимальное значение из двух максимумов γ -й строки и k -го столбца трансформанты.

Если неравенство (2) выполняется, то для всех n^* столбцов формируется общий полиадический код $N(n^*)$. Значения полиадических кодов для ℓ -го и γ -го столбцов находятся по выражениям (1). Решающее правило, заданное неравенством (2), позволяет отобрать те столбцы трансформанты, для которых можно сформировать общий полиадический код $N(n^*)$. При этом длина кодограммы под код-номер $N(n^*)$ не будет превышать длину

машинного слова M . Поэтому если значения полиадических чисел для n^\bullet столбцов трансформанты удовлетворяют неравенству (2), то для них вычисляется общий код $N(n^\bullet)$:

$$N(n^\bullet) = \sum_{k=1}^n \sum_{\gamma=1}^n b_{k,\gamma} h_{k,\gamma}, \quad (3)$$

где $h_{k,\gamma}$ – накопленное произведение оснований обобщенного полиадического числа

$$h_{k,\gamma} = \prod_{u=\gamma+1}^{n^\bullet} \omega_{\xi u} \prod_{\xi=k+1}^n \prod_{u=1}^{n^\bullet} \omega_{\xi u};$$

$\omega_{\xi u}$ – основание обобщенного полиадического числа, определяемое как минимальное значение из двух максимумов ξ -й строки и u -го столбца:

$$\omega_{\xi u} = \min(\lambda_\xi, \chi_u);$$

λ_ξ, χ_u – соответственно максимальные значения компонент в ξ -й строке и u -м столбце, увеличенные на 1.

При этом значение $N(n^\bullet)$ будет не больше, чем накопленное произведение кодовых номеров полиадических чисел для n^\bullet столбцов, заданное левой частью соотношения (2):

$$N(n^\bullet) \leq \prod_{k=1}^n \prod_{\gamma=1}^{n^\bullet} \omega_{k,\gamma}. \quad (4)$$

Но поскольку значение в правой части неравенства (4) можно представить машинным словом длины M , то под значение числа $N(n^\bullet)$ также будет отведено M разрядов.

С другой стороны, значение $N(n^\bullet)$ будет больше, чем значения полиадических чисел $N_\ell^{(1)}$ ($\ell = \overline{1, n^\bullet}$). Следовательно, число разрядов для представления $N(n^\bullet)$ ближе к значению M , чем число разрядов для полиадического числа $N_\ell^{(1)}$:

$$\ell \log_2 N_\ell^{(1)} < \log_2 N(n^\bullet) < M. \quad (5)$$

Данная особенность позволяет увеличить степень сжатия без внесения погрешностей.

4. Оценка эффективности разработанного метода

Для сравнительной оценки эффективности существующих (JPEG, JPEG2000) и разработанной (ПК) технологий сжатия проводилась экспериментальная обработка реалистических изображений. Было выявлено, что:

– средние значения коэффициента сжатия изображений в режиме без потери качества (рис. 1) для ПК изменяются от 2 до 3,5 раз в зависимости от степени насыщенности фрагментов изображений;

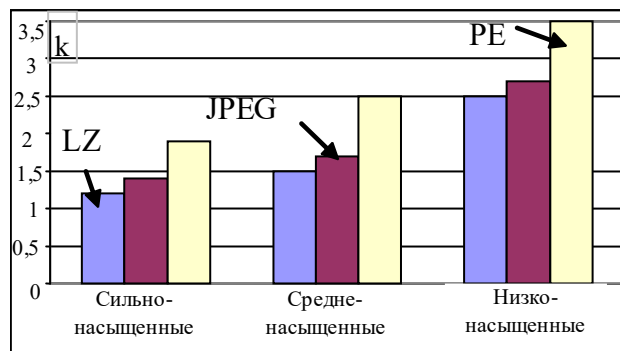


Рис. 1. Зависимость величины k от класса изображений в режиме сжатия без потери качества – значение коэффициента сжатия в режиме контролируемых потерь качества для сильно-, средне- и низконасыщенных изображений достигает соответственно 30, 80 и 100 раз (рис. 2 – 4).

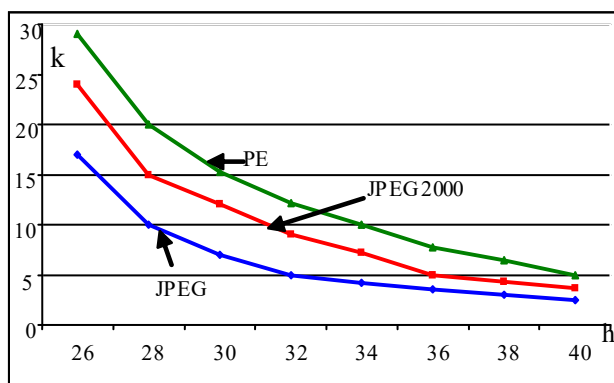


Рис. 2. Зависимость величины k от h для сильнонасыщенных изображений

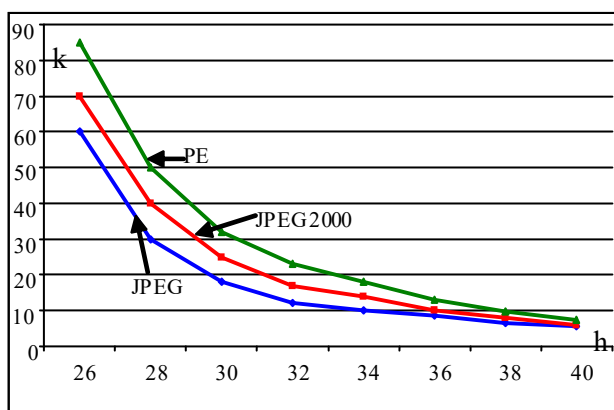


Рис. 3. Зависимость величины k от h для средненасыщенных изображений

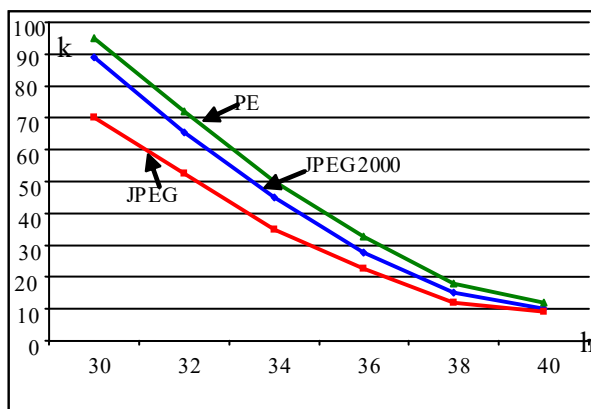


Рис. 4. Зависимость величины k от h для низконасыщенных изображений

Выводы

1. Разработан метод и алгоритм сжатия изображений. **Научная новизна** созданных результатов заключается в том, что впервые трансформанта дискретного косинусного преобразования рассматривается как комбинаторный объект. Для сокращения комбинаторной избыточности в трансформантах ДКП разрабатывается полиадическое кодирование, включающее:

– комбинированное полиадическое кодирование трансформант ДКП. Это позволит сжать изображения за счет сокращения комбинаторной избыточности (от 3 до 3,5 раз в зависимости от корреляции данных). Исключаются потери информации из-за нехватки разрядов в машинном слове;

– межтрансформантное полиадическое кодирование. В этом случае дополнительно повышается (до 70%) коэффициент сжатия изображений за счет сокращения комбинаторной избыточности в соседних трансформантах;

– сжатие матриц признаков столбцов полиадическими кодами. Это обеспечит дополнительное уменьшение объема сжатых изображений в 1,7 раза.

2. Практическая значимость состоит в том, что созданный метод обеспечивает выигрыш по степени сжатия по сравнению с существующими методами: для режима без потери качества в среднем на 40%; для пикового отношения сигнал/шум (ПОСШ) 40 дБ в среднем на 46 %; для ПОСШ 35 дБ в среднем на 50 %.

Выигрыш по суммарному времени на обработку и передачу видеоданных по каналам связи для разработанного метода относительно существующих методов достигает в среднем 1,38 и 1,5 раза соответственно для режимов без потери качества и для пикового отношения сигнал/шум 35 дБ.

Рекомендации относительно применения разработанной технологии:

- в системах дистанционного зондирования Земли;
- в системах аэрокосмического мониторинга;
- в системах видеоконференций;
- в системах фотовидеонаблюдения;
- в системах мобильной связи третьего поколения (системы 3G);
- в системах архивирования. Для создания высококачественных электронных фондов библиотек, музеев и картинных галерей;
- в системах хранения космических снимков.

Список литературы: **1.** Adams M.D. The JPEG-2000 Still Image Compression 1 N 2412, Sept. 2001. **2.** Andreassen P. University of Copenhagen, Department of Mathematics, July 2001. **3.** Bell T. C. Text compression. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, 1990. **4.** Wallace G.K. The JPEG Still Picture Compression Standard // Communication in ACM. 1991. V34, №4. P.31–34. **5.** Баранник В.В. Метод сжатия изображений комбинированным полиадическим кодированием трансформант // ИУСЖТ. 2000. №2. С. 66 – 69.

Поступила в редколлегию 15.03.2007

Хаханов Владимир Иванович, д-р техн. наук, декан факультета компьютерной инженерии и управления, профессор кафедры автоматизации проектирования вычислительной техники ХНУРЭ. Научные интересы: обработка и передача информации. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 70-21-326.

Баранник Владимир Викторович, д-р техн. наук, старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории Харьковского университета Воздушных Сил. Научные интересы: обработка и передача информации. Адрес: Украина, 61023, Харьков, ул. Сумская, 77/79.

Хаханова Ирина Витальевна, канд. техн. наук, доцент кафедры автоматизации проектирования вычислительной техники ХНУРЭ. Научные интересы: проектирование цифровых систем на кристаллах, обработка и передача информации. Увлечения: английский язык, музыка. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 70-21-326. E-mail: hahanova@mail.ru

ЗАДАЧИ КОНТРОЛЯ ЗА ДВИЖЕНИЕМ АКТИВОВ СТРАХОВОЙ КОМПАНИИ

Выполняется системный анализ страховой компании как объекта управления, определяются принципы и порядок формирования и размещения ресурсов страховой компании, правила и условия проведения страховой и инвестиционной деятельности. Ставятся и формализуются задачи подсистем планирования системы контроля за движением активов страховой компании.

Общая постановка проблемы. Страховой рынок как часть финансово-кредитной системы является объектом государственного регулирования и контроля. В целях обеспечения необходимого уровня платежеспособности и финансовой устойчивости особое внимание в сфере финансового управления страховой компании уделено оценке, анализу и принятию решений по управлению активами [1,2].

Постановка задачи и цели исследования. Основной целью исследования является разработка системы контроля за движением активов страховой компании. В статье описывается структура этой системы, ставятся задачи для каждой из подсистем.

Решение задачи и результаты исследования. Страховая компания является организацией, которая выполняет социально значимую функцию перераспределения рисков. Это определяет то, что финансовые потоки и движение средств внутри страховой компании существенно отличаются от движения средств в любом другом предприятии или финансовой структуре.

Поток средств, обеспечивающий формирование ресурсов страховой компании, включает в себя страховые (перестраховочные) платежи и взносы в уставный капитал (P_L), тантьему, полученную по договорам перестрахования (T), дивиденды, полученные по долгосрочным и текущим финансовым инвестициям (Div), поступления, полученные от сдачи в аренду имущества (Ar), регрессные платежи (Reg), кредитные ресурсы (Kr), проценты, полученные по депозитным вкладам в банках (Pr), страховые выплаты, которые возмещаются перестраховщиками (PER), сумма агентских комиссионных вознаграждений, полученных от других страховщиков (Ag).

Формализованное представление множества ресурсов страховой компании можно представить в виде:

$$S = \{P_L, Div, Ar, Reg, Kr, Pr, PER, T, Ag\}, \quad (1)$$

Поток средств, обеспечивающих покрытие убытка и организацию страхового дела, включает в себя административные расходы (AD_r , где $AD_r = \bigcup_{i=1}^5 AD_{r_i}$), расходы на реализацию (ZAT_r , где $ZAT_r = \bigcup_{i=1}^2 ZAT_{r_i}$), другие расходы (D_{ras} , где $D_{ras} = \bigcup_{i=1}^5 D_{ras_i}$).

Формализованное представление расходов страховой компании можно записать в виде множества:

$$RAS = AD_r \cup ZAT_r \cup D_{ras}, \quad (2)$$

Активы страховой компании формируются вследствие оборота ее средств в процессе проведения страховой деятельности и деятельности, связанной с формированием и размещением страховых резервов. Полученные страховой компанией ресурсы перераспределяются в активы, которые находятся на балансе компании и в дальнейшем могут переходить из одного вида актива в другой, распределяться на покрытие убытка (выполнение обязательств перед страхователями) и организацию страхового дела.

Системный анализ деятельности страховой компании как отдельного субъекта небанковского финансового рынка позволяет представить ее активы в виде:

$$AK_{OB} = \bigcup_{i=1}^{15} AK_{OB_i}, \quad (3)$$

где AK_{OB_1} – множество нематериальных активов страховой компании; AK_{OB_2} – множество основных средств страховой компании; AK_{OB_3} – множество долгосрочных финансовых инвестиций; AK_{OB_4} – множество долгосрочной дебиторской задолженности; AK_{OB_5} – множество отсроченных налоговых активов; AK_{OB_6} – множество других необоротных активов; AK_{OB_7} – множество запасов страховой компании; AK_{OB_8} – множество полученных векселей; AK_{OB_9} – множество дебиторской задолженности за товары, работы и услуги; $AK_{OB_{10}}$ – множество дебиторской задолженности по расчетам; $AK_{OB_{11}}$ – множество прочей дебиторской задолженности; $AK_{OB_{12}}$ – множество текущих финансовых инвестиций; $AK_{OB_{13}}$ – множество денежных средств на текущих счетах в банках; $AK_{OB_{14}}$ – множество денежных средств на депозитных счетах в банках; $AK_{OB_{15}}$ – множество прочих оборотных активов.

Страховая деятельность обуславливает наличие определенной доли заемных средств в структуре активов страховой компании, которые можно представить в виде множества текущих (OB^T , $OB^T = \bigcup_{i=1}^5 OB_i^T$) и долгосрочных обязательств (OB^D , $OB^D = \bigcup_{i=1}^3 OB_i^D$).

Оборот средств, обеспечивающий размещение ресурсов компании, связан с формированием и покрытием страховых резервов. Одним из условий обеспечения выполнения страховщиком обязательств перед страхователями является наличие у него страховых резервов, достаточных для будущих страховых выплат. Для страховых компаний, которые осуществляют деятельность по рисковому виду страхования, обязательным является формирование технических резервов в целях обеспечения будущих выплат страховых сумм и страхового возмещения.

Законодательно разрешенные для покрытия страховых резервов категории активов представлены следующим множеством:

$$AK_P = \bigcup_{i=1}^{11} AK_{P_i}, \quad (4)$$

где AK_{P_1} – денежные средства на расчетных счетах в банках; AK_{P_2} – денежные средства на депозитных счетах в банках; AK_{P_3} – недвижимое имущество; AK_{P_4} – акции; AK_{P_5} – облигации предприятий; AK_{P_6} – ипотечные сертификаты; AK_{P_7} – ценные бумаги, эмитируемые государством; AK_{P_8} – права требования к перестраховщикам; AK_{P_9} – инвестиции в экономику Украины за направлениями, предусмотренными законодательством; $AK_{P_{10}}$ – банковский металл, $AK_{P_{11}}$ – наличность в кассе.

Множествам AK_{BO} и AK_P присущи следующие связи:

$$AK_{BO} \cap AK_P \neq \emptyset, AK_{P_1} = AK_{OB_{13}}, \quad (5)$$

$$AK_{P_2} = AK_{OB_{14}}, AK_{P_3} \subseteq AK_{OB_2}, \quad (6)$$

$$AK_{P_4} \subseteq AK_{OB_{12}}, AK_{P_5} \subseteq AK_{OB_{12}}, \quad (7)$$

$$AK_{P_6} \subseteq AK_{OB_{12}}, AK_{P_7} \subseteq AK_{OB_{12}}, \quad (8)$$

$$AK_{P_9} \subseteq AK_{OB_3}, AK_{P_{10}} \subseteq AK_{OB_{15}}, AK_{P_{11}} \subseteq AK_{OB_{15}}, \quad (9)$$

Оборот средств, обеспечивающий размещение ресурсов компании и покрытие резервов, это перераспределение поступившего денежного потока средств в активы страховой ком-

пании за вычетом средств, обеспечивающих покрытие убытка и организацию страхового дела.

Разработанная структура системы контроля за движением активов страховой компании представлена в виде подсистем прогноза поступления страховых платежей и взносов P_L (блок 1), прогноза поступлений от посреднической деятельности Ag (блок 2), прогноза поступлений танъемы, регрессных платежей и страховых возмещений от перестраховщиков $T, Re g, PER$ (блок 3), прогноза дивидендов по долгосрочным и текущим финансовым инвестициям Div (блок 4), прогноза поступлений по банковским депозитным вкладам P_T (блок 5), прогноза поступлений от сдачи в аренду недвижимого имущества A_T (блок 6), прогноза страховых выплат D_{ras1} (блок 7), подсистемы планирования переданных перестраховочных платежей (блок 8), подсистем прогноза поступления кредитных ресурсов K_T (блок 9), прогноза прочих расходов D_{ras} (блок 10), подсистемы планирования административных расходов (блок 11), планирования расходов на реализацию (блок 12), подсистем планирования размещения активов (блок 13) и оперативного управления (блок 14).

В основу подсистем (блоки 1-7, 9, 10) положена динамическая стохастическая модель прогноза изменения финансовых ресурсов. Выходные значения подсистем (блоки 1-7, 9, 10) являются входными значениями для подсистем планирования переданных перестраховочных платежей, планирования административных расходов, планирования расходов на реализацию, планирования размещения активов.

Подсистема планирования переданных перестраховочных платежей (блок 8) позволяет определить по каждому договору страхования части ответственности, которая будет передана в перестрахование, и перестраховочный тариф по каждому договору, доставляющие минимум переданным перестраховочным платежам при ограничениях на размер собственного удержания страховщика по принятым на себя рискам.

На выходе работы подсистемы планирования переданных перестраховочных платежей – множество переданных перестраховочных платежей – Per и сумма страховых платежей, уплаченных перестраховщикам, – D_{ras2} :

$$Per = \{Per_2, Per_3, Per_4\}, \quad (10)$$

$$Per_2 = \bigcup_{j=1}^2 \bigcup_{i=1}^{k_2} Per_{2ji}, \quad Per_3 = \bigcup_{j=1}^2 \bigcup_{i=1}^{k_3} Per_{3ji}, \quad Per_4 = \bigcup_{j=1}^2 \bigcup_{i=1}^{k_4} Per_{4ji}, \quad (11)$$

где Per_{2li} , Per_{3li} – страховая сумма по i -му договору, заключенному соответственно со страхователем и перестрахователем, которая передается в перестрахование перестраховщику; Per_{4li} – страховая сумма по i -му договору, заключенному агентом страховщика, которая передается в перестрахование; Per_{22i} , Per_{32i} , Per_{42i} – соответственно перестраховочный тариф.

Формализованная запись имеет вид:

$$D_{ras2} = \left(\sum_{i=1}^{k_2} Per_{2li} \cdot Per_{22i} + \sum_{i=1}^{k_3} Per_{3li} \cdot Per_{32i} + \sum_{i=1}^{k_4} Per_{4li} \cdot Per_{42i} \right) \longrightarrow \min_{Per_{2ji}, Per_{3ji}, Per_{4ji}} \quad (12)$$

Ответственность страховщика по каждому объекту не может превышать законодательно установленной доли (a_{25}) от величины сформированных технических резервов (TR^0) и уставного капитала (P_1):

$$P_{2li} - Per_{2li} \leq a_{25}(P_1 + TR^0), \quad P_{3li} - Per_{3li} \leq a_{25}(P_1 + TR^0), \quad P_{4li} - Per_{4li} \leq a_{25}(P_1 + TR^0). \quad (13)$$

Ответственность передается в перестрахование в пределах принятой на себя ответственности по договору страхования, перестраховочный тариф не превышает соответствующего страхового тарифа по договору страхования:

$$P_{2li} \geq Per_{2li}, P_{3li} \geq Per_{3li}, P_{4li} \geq Per_{4li}, \quad (14)$$

$$P_{22i} \geq Per_{22i}, P_{32i} \geq Per_{32i}, P_{42i} \geq Per_{42i}, \quad (15)$$

где $P_{2li}, P_{3li}, P_{4li}$ – соответственно страховые суммы по i -м договорам страхования; $P_{22i}, P_{32i}, P_{42i}$ – страховые тарифы по i -м договорам страхования. $P_{2li}, P_{3li}, P_{4li}, P_{22i}, P_{32i}, P_{42i}$ являются подмножествами множества страховых платежей и взносов P_L (блок 1).

Величина риска убыточности портфеля после проведения операции перестрахования не превышает нормативного значения убыточности для данной страховой компании - $Risk_n$:

$$Risk * \left(\frac{\sum_{i=1}^{k2} (P_{2li} - Per_{2li}) + \sum_{i=1}^{k3} (P_{3li} - Per_{3li}) + \sum_{i=1}^{k4} (P_{4li} - Per_{4li})}{\sum_{i=1}^{k2} P_{2li} + \sum_{i=1}^{k3} P_{3li} + \sum_{i=1}^{k4} P_{4li}} \right) \leq Risk_n, \quad (16)$$

где $Risk$ – величина риска убыточности страхового портфеля.

Подсистема планирования административных расходов (блок 11) позволяет определить среднюю заработную плату работника административно-управленческого персонала – ZP_s , средние командировочные расходы работника, связанного с заключением договоров страхования, – Kom_s , расходы на охрану, юридические, аудиторские, канцелярские расходы, транспортные расходы, расходы на охрану – AD_{r4} , амортизационные отчисления (AM) и расходы на ремонт основных фондов (R), изменение обязательств страховой компании по административным расходам ($\Delta OB_4^T, \Delta OB_2^T, \Delta OB_2^D$), которое доставляет минимум административным расходам страховой компании – AD_r при ограничениях на долю обязательств в общем размере активов компании, ограничениях на содержание административно-управленческого персонала, командировочные расходы страховой компании, расходы на содержание основных фондов и расходы на охрану, юридические, аудиторские, канцелярские расходы, транспортные расходы, амортизационные расходы и расходы на ремонт основных фондов.

Формализованная запись критерия имеет следующий вид:

$$AD_r = \sum_{i=1}^5 AD_{ri} - \Delta OB_4^T - \Delta OB_2^D - \Delta OB_2^T \longrightarrow \min_{\substack{AD_{r4}, ZP_s, Kom_s, AM, R \\ \Delta OB_4^T, \Delta OB_2^T, \Delta OB_2^D}}, \quad (17)$$

$$AD_{r1} = rab \cdot ZP_s, AD_{r2} = dol_r \cdot rab \cdot Kom_s, AD_{r3} = AM + R, \quad (18)$$

$$AD_{r5} = a_{29} \cdot AD_{r1} + a_{30} \left(\sum_{i=1}^{k2} P_{2li} \cdot P_{22i} + \sum_{i=1}^{k3} P_{3li} \cdot P_{32i} + \sum_{i=1}^{k4} P_{4li} \cdot P_{42i} \right), \quad (19)$$

$$OB_4^T = OB_4^{T0} + \Delta OB_4^T, OB_2^T = OB_2^{T0} + \Delta OB_2^T, OB_2^D = OB_2^{D0} + \Delta OB_2^D, \quad (20)$$

где rab – количество работников страховой компании; dol_r – доля работников, занятых непосредственно заключением договоров страхования; $P_{2li}, P_{3li}, P_{4li}$ – соответственно страховые суммы по i -м договорам страхования; $P_{22i}, P_{32i}, P_{42i}$ – страховые тарифы по i -м договорам страхования; a_{29}, a_{30} – нормативы для расчета административных расходов.

Ограничения, установленные страховой компанией на долю обязательств (OB_4^T , OB_2^T , OB_2^D) в общем размере активов компании AK_{OB} :

$$0 \leq OB_4^T \leq a_{31} \cdot (AK_{OB}), 0 \leq OB_2^T \leq a_{32} \cdot (AK_{OB}), 0 \leq OB_2^D \leq a_{33} \cdot (AK_{OB}) . \quad (21)$$

Расходы на содержание административно-управленческого персонала – AD_{r1} не меньше установленного минимального размера заработной платы – M на каждого работника и установленной компанией доли a_{26} от общего объема поступивших страховых платежей:

$$rab \cdot M + a_{26} \left(\sum_{i=1}^{k_2} P_{21i} \cdot P_{22i} + \sum_{i=1}^{k_3} P_{31i} \cdot P_{32i} + \sum_{i=1}^{k_4} P_{41i} \cdot P_{42i} \right) \leq AD_{r1} . \quad (22)$$

Командировочные расходы страховой компании – AD_{r2} и расходы на охрану, юридические, аудиторские, канцелярские расходы, транспортные расходы – AD_{r4} не меньше установленного компанией минимального размера (a_{27} и a_{31} соответственно) и доли (a_{28} и a_{32}) от общего объема поступивших страховых платежей:

$$a_{27} + a_{28} \left(\sum_{i=1}^{k_2} P_{21i} \cdot P_{22i} + \sum_{i=1}^{k_3} P_{31i} \cdot P_{32i} + \sum_{i=1}^{k_4} P_{41i} \cdot P_{42i} \right) \leq AD_{r2} , \quad (23)$$

$$a_{31} + a_{32} \left(\sum_{i=1}^{k_2} P_{21i} \cdot P_{22i} + \sum_{i=1}^{k_3} P_{31i} \cdot P_{32i} + \sum_{i=1}^{k_4} P_{41i} \cdot P_{42i} \right) \leq AD_{r4} . \quad (24)$$

Амортизационные расходы – AM и расходы на ремонт основных фондов страховой компании – R не меньше установленной компанией доли – a_{34} от остаточной стоимости основных фондов – AK_{OB2} и доли – a_{35} от общего объема поступивших страховых платежей:

$$a_{34} \cdot AK_{OB2} + a_{35} \left(\sum_{i=1}^{k_2} P_{21i} \cdot P_{22i} + \sum_{i=1}^{k_3} P_{31i} \cdot P_{32i} + \sum_{i=1}^{k_4} P_{41i} \cdot P_{42i} \right) \leq AM + R . \quad (25)$$

На выходе работы подсистемы планирования административных расходов - величина административных расходов страховой компании AD_r , размер амортизационных отчислений AM , сумма обязательств за товары, работы и услуги OB_2^T , сумма текущих обязательств по расчетам OB_4^T , сумма отсроченных налоговых обязательств OB_2^D , которые являются входными значениями для подсистемы планирования размещения активов.

Подсистема планирования расходов на реализацию, представленная блоком 12, позволяет определить расходы на маркетинг и рекламу ZAT_{r1} , расходы на оплату труда и комиссионные агентам ZAT_{r2} , изменения обязательств страховой компании по расходам на реализацию (ΔOB_5^T), доставляющие минимум общим расходам на реализацию страховых услуг – ZAT_r при ограничениях на долю обязательств в общем размере активов (AK_{OB}) компании, ограничениях на расходы на ведение дела и расходы на маркетинг и рекламу.

Формализованная запись имеет вид:

$$ZAT_r = \sum_{i=1}^2 ZAT_{ri} - \Delta OB_5^T \longrightarrow \min_{ZAT_{r1}, ZAT_{r2}, \Delta OB_5^T} , \quad (26)$$

$$OB_5^T = OB_5^{T0} + \Delta OB_5^T , \quad (27)$$

$$0 \leq OB_5^T \leq a_{36} \cdot (AK_{OB}), \quad (28)$$

$$a_{37} \cdot \left(\sum_{i=1}^{k_4} P_{41i} \cdot P_{42i} \right) \leq ZAT_{r_2} \leq \left(\sum_{i=1}^{k_4} b_i \cdot P_{41i} \cdot P_{42i} \right), \quad (29)$$

$$a_{38} \left(\sum_{i=1}^{k_2} P_{21i} \cdot P_{22i} + \sum_{i=1}^{k_3} P_{31i} \cdot P_{32i} + \sum_{i=1}^{k_4} P_{41i} \cdot P_{42i} \right) \leq ZAT_{r_1}, \quad (30)$$

где b_i – норматив расходов на ведение дела для i -го договора страхования; $a_{36} - a_{38}$ – нормативные значения расходов на реализацию.

На выходе работы подсистемы планирования расходов на реализацию – общие расходы страховой компании на реализацию страховых продуктов ZAT_r и прочие текущие обязательства OB_5^T , которые являются входными значениями для подсистемы планирования размещения активов.

Физическая постановка задачи для подсистемы планирования размещения активов (блок 13) – необходимо найти такие изменения общих активов ΔAK_{OB_i} и активов, разрешенных для покрытия технических резервов ΔAK_{P_i} , которые доставляют максимум общему покрытию резервов – P при ограничениях на размеры активов, берущихся в покрытие резервов.

Формализованное представление этой задачи следующее:

$$P = \sum_{i=1}^{11} AK_{P_i}^r (\Delta AK_{P_i}, \Delta AK_{OB_i}) - OB \rightarrow \max_{\substack{\Delta AK_{P_i}, i=1..11, i \neq 8 \\ \Delta AK_{OB_i}, i=1..15}}, \quad (31)$$

$$AK_{P_i}^r = F_1(TR, AK_{P_i}, a_1..a_{24}), \quad (32)$$

$$TR = F_2(P_{21i}, P_{31i}, P_{41i}, P_{22i}, P_{32i}, P_{42i}), \quad (33)$$

$$AK_{P_i} = \Delta AK_{P_i} + AK_{P_i}^0, i=1..11, i \neq 8, AK_{P_8} = F_3(Per), \quad (34)$$

где $AK_{P_i}^r$ – часть разрешенного для покрытия технических резервов актива AK_{P_i} , которая берется в покрытие резервов; AK_{P_8} – права требования к перестраховщикам; TR – сумма сформированных технических резервов; OB – обязательства страховой компании; $a_1 - a_{24}$ – законодательно установленные доли разрешенных для представления технических резервов активов:

$$AK_{OB_i} = \Delta AK_{OB_i} + AK_{OB_i}^0, i=1..15, i \neq 2, \quad (35)$$

$$\bigcup_{i=1}^{11} AK_{P_i} \leq \bigcup_{i=1}^{15} AK_{OB_i}, \quad (36)$$

$$AK_{OB_2} = \Delta AK_{OB_2} + AK_{OB_2}^0 - AM, \quad (37)$$

здесь AK_{OB_2} – стоимость основных фондов страховой компании:

$$\begin{aligned} \Delta AK_{OB_{13}} = & Ag + Re g + PER + Div + Pr + Kr + Ar + T + \sum_{i=1}^{k_2} P_{21i} \cdot P_{22i} + \\ & + \sum_{i=1}^{k_3} P_{31i} \cdot P_{32i} + \sum_{i=1}^{k_4} P_{41i} \cdot P_{42i} - ZAT_r - D_{ras} - AD_r - \sum_{i=1, i \neq 13}^{15} \mu_i \cdot \Delta AK_{OB_i}, \end{aligned} \quad (38)$$

где $\Delta AK_{OB_{13}}$ – изменение средств на расчетных счетах страховщика; μ_i – коэффициент ликвидности актива AK_{OB_i} .

На выходе работы подсистемы планирования размещения активов – вектор активов страховой компании AK_{OB} , вектор разрешенных для покрытия технических резервов активов AK_p , вектор обязательств OB , сумма технических резервов TR , которые являются входными значениями подсистемы оперативного управления (блок 14).

Функционирование подсистемы оперативного управления осуществляется в режиме реального времени. В соответствии с этим физическая постановка задачи системы оперативного управления имеет вид: определить корректирующие изменения расходов, доставляющих минимум отклонению фактических значений активов от запланированных значений.

Если в процессе функционирования страховой компании наблюдается рассогласование фактических показателей активов с планируемыми более, чем на величину погрешности Δ , то подсистемой оперативного управления вырабатывается управляющее воздействие, которое за счет изменения корректирующих расходов доставляет минимум отклонению фактических значений активов от планируемых.

Научная новизна данного исследования заключается в разработке структуры системы контроля за движением активов страховой компании, постановке задач ее подсистем планирования, которые позволят разработать экономико-математические модели оптимального формирования портфеля активов страховой компании.

Практическая значимость работы состоит в том, что предлагаемая система контроля за движением активов страховой компании является инструментарием для лиц, принимающих управленческие решения при выявлении диспропорций в структуре активов страховой компании. Функционирование приведенной системы, реализующей задачи в области финансово-инвестиционной деятельности, обуславливает внедрения в процесс страхования автоматизированных информационных технологий.

Список литературы: 1. Добровольский В.К. Экономико-математическое моделирование. К.: Наук. думка, 1995. 184 с. 2. Бенинг В.Е., Ротарь В.И. Одна модель оптимального поведения страховой компании // Экономика и математические методы. 1993. №29. С. 624-637. 3. Новаковская Э. Г., Дёмина С. В. Структура системы контроля за движением активов страховой компании // Искусственный интеллект. ДГИИИ. 2005. №1. С.189-193.

Поступила в редколлегию 04.03.2007

Новаковская Эльвира Георгиевна, канд. техн. наук, доцент кафедры системного анализа и моделирования Донецкого института автомобильного транспорта. Адрес: Украина, 83000, Донецк, ул. Дзержинского, 7, тел. 345-44-27.

Дёмина София Викторовна аспирант кафедры системного анализа и моделирования Донецкого института автомобильного транспорта. Адрес: Украина, 83000, Донецк, ул. Дзержинского, 7, тел. 345-44-27.

ТРЕХМЕРНОЕ ГОРОДСКОЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ПРОСТРАНСТВО

Рассматривается геоинформационная технология, которая предназначена для создания и визуализации трехмерных моделей городских территорий и базируется на использовании аэрокосмической информации. Технология основана на взаимодействии программных продуктов Digital/Delta, ArcGIS, средств фотореалистической визуализации пространственных объектов SketchUp и представляет собой наиболее перспективное направление в области разработки и развития геоинформационных технологий.

Введение

Рассмотрим основные направления повышения эффективности управления городскими территориями на основе технологии трехмерной визуализации географических данных в сочетании с фотореалистической визуализацией зданий квартала города Харькова. Имеется возможность уже сейчас перейти к построению комплексных «виртуальных» сред обитания, делая геоинформационные системы и сервисы доступными и необходимыми не только для городской администрации, но и для каждого человека.

Необходимость повышения качества восприятия визуальной информации о городском пространстве, расширение состава муниципальных задач, для решения которых используются географические и информационные технологии, в настоящее время требует создания трехмерного городского геоинформационного пространства (ТГГП).

Цели создания ТГГП

Основной целью построения ТГГП является расширение круга решаемых задач, связанных с градостроительной деятельностью, например:

- планирование развития городских территорий;
- проектирование, реконструкция и эксплуатация зданий и сооружений;
- совершенствование и проектирование транспортных систем;
- ведение городского кадастра, риэлторская деятельность.

Помимо этого создание ТГГП позволит решить круг прикладных задач, таких как:

- обеспечение безопасности проживания на городской территории;
- обеспечение применения транспортно-навигационных систем;
- обеспечение мониторинга экологической обстановки в пределах городской территории;
- решение информационно-поисковых задач;
- обеспечение туристической и инвестиционной привлекательности городской территории и пр.

Применение ТГГП в сфере муниципального управления позволит привлечь широкий круг потенциальных инвесторов, консультантов, экспертов и обеспечит мероприятия, направленные на устойчивое развитие города, а также на создание благоприятной среды проживания и повысит степень архитектурной и инвестиционной привлекательности городских территорий.

Для повышения качества восприятия ТГГП выполнена фотореалистичная визуализация городской территории. Потребность в фотореалистичном отображении окружающего мира увеличивает значимость ТГГП. Трехмерная фотореалистичная визуализация городских территорий методами компьютерной графики и создание муниципальных трехмерных ГИС способны изменить технологию и практику управления городом, городского планирования окружающей среды, разработки и ведения проектов.

Основные этапы построения фотореалистической модели городского квартала Харькова

Создание ТГПП с фотореалистичной визуализацией требует больших усилий по сбору исходной информации, геометрическому моделированию зданий и сооружений и зависит от полноты и точности данных, представляющих ландшафт. При создании фотореалистичной ТГПП необходимо отдельно формировать модели поверхности городской территории и трехмерных объектов, расположенных на ней. Общую стратегию создания фотореалистичной ТГПП можно представить в виде схемы (рис. 1). В рамках этой стратегии и

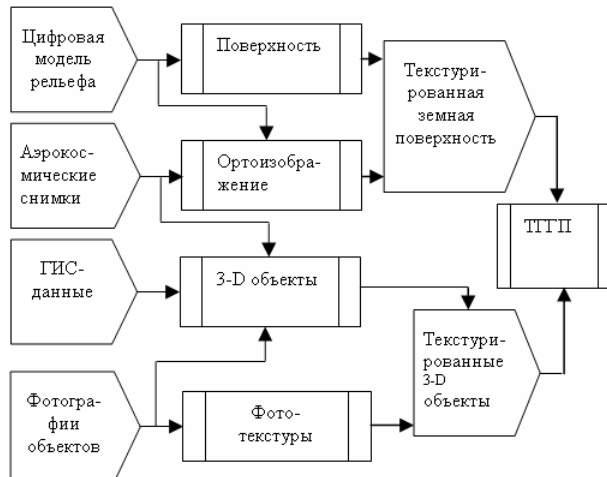


Рис. 1. Схема стратегии создания фотореалистической модели ТГПП

выполнялись работы по созданию экспериментальной модели городского квартала Харькова.

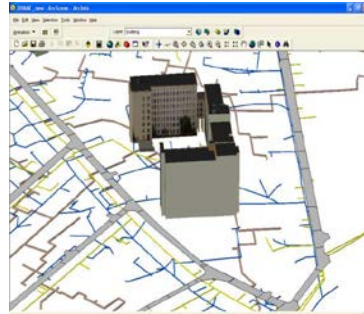
Геометрию модели городской территории определяет система координат, в которой создана цифровая модель поверхности. Выбор местной прямоугольной системы координат позволяет упростить совмещение моделей местности и городских объектов, которые создаются в прямоугольной системе координат.

Фотореалистическая модель городского квартала Харькова разработана студентами кафедры геоинформационных систем и геодезии Харьковской национальной академии городского хозяйства под руководством авторов статьи. При этом была использована уникальная технология трехмерного картографирования, основанная на современных достижениях в области создания геоинформационных систем. Основные виды построенной фотореалистической модели ТГПП квартала города Харькова приведены на рис. 2 (а, б, в, г).

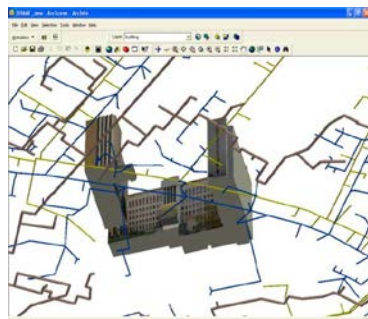
Фотореалистическая модель городского квартала Харькова разработана студентами кафедры геоинформационных систем и геодезии Харьковской национальной академии городского хозяйства под руководством авторов статьи. При этом была использована уникальная технология трехмерного картографирования, основанная на современных достижениях в области создания геоинформационных систем. Основные виды построенной фотореалистической модели ТГПП квартала города Харькова приведены на рис. 2 (а, б, в, г).



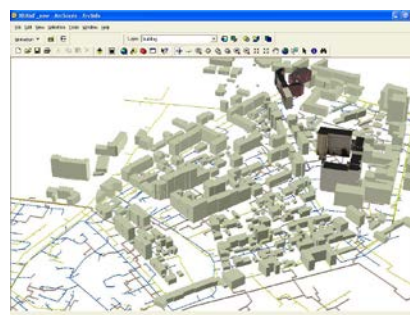
а



б



в



г

Рис. 2. Основные виды построенной фотореалистической модели ТГПП квартала города Харькова

Технология получения трехмерных моделей городов основана на данных спутниковых и аэрофотоснимков с детальным воспроизведением инфраструктуры города. Данная технология дает возможность получать наглядное представление о городской среде и может использоваться в различных сферах как городского, так и областного управления.

Модель ТГГП квартала Харькова включает в себя:

- модель рельефа в районе национальной академии городского хозяйства;
- трёхмерные модели зданий с фотографическими текстурами;
- трёхмерные модели основных инженерно-технических коммуникаций;
- зелёные насаждения.

Информационно-справочная составляющая модели ТГГП обеспечивает вывод адреса интересующего объекта (здания) с показом любой дополнительной информации.

Разработанная модель ТГГП в рамках рассмотренной территории позволит решить следующие задачи:

- локализовать и устранить аварии, связанные с коммуникационными сооружениями, в том числе и подземными. При использовании визуально понятной схемы коммуникаций время поиска необходимых для ремонта точек доступа или управления сокращается до одной-двух минут, что приводит к уменьшению ущерба от аварии;

- выполнить оперативную прокладку маршрутов в случае аварии по внутриворотовым территориям района. Если применяется система спутниковой навигации, то задача городской навигации может решаться в реальном масштабе времени;

- избежать конфликтных ситуаций при застройке городских территорий (например, выбор местоположения казино и игровых клубов вдали от жилых массивов); обеспечить проведение сплошного учёта объектов градостроительной деятельности, в том числе неучтённых и самовольно возведённых;

- выполнить мониторинг объектов градостроительной деятельности, привлечение инвестиций, а также ведение реестра объектов градостроительной деятельности с их визуализацией жилых зданий и детских учреждений.

Практическое использование фотореалистических моделей ТГГП Харькова позволит повысить эффективность управления городскими территориями по трем основным направлениям (рис. 3):



Рис. 3. Основные направления практического использования моделей ТГГП

1. Повышение эффективности моделирования архитектурно-планировочных решений:

- создание моделей реального визуального восприятия местности с различных точек наблюдения при различных вариантах застройки (после сноса зданий, реконструкции и размещения новых объектов);

- моделирование визуального восприятия местности по годам при различных вариантах озеленения с учётом выращивания деревьев.

2. Повышение эффективности мер по пресечению террористических актов, ликвидации чрезвычайных ситуаций и их последствий:

- разработка планов и отработка действий по предупреждению и пресечению противоправных актов;

- ликвидация пожаров и других чрезвычайных ситуаций на трёхмерных изображениях критически важных объектов города (с визуализацией внутренних помещений, проходов,

подходов, подъездных путей, окружающей застройки, с возможностью просмотра здания с любой стороны);

– оперативный контроль местоположения и координация транспортных единиц на маршрутах с учётом пространственно-временных условий движения городского транспорта (с использованием спутниковой навигации);

– моделирование маршрутов движения транспорта для перевозки опасных, ценных, крупногабаритных грузов с учётом пространственных характеристик городских улиц в целях заблаговременного и оперативного определения критических участков маршрута движения;

– оперативный текущий контроль местоположения маршрутного авто-и электротранспорта, координация их движения с учётом городской пространственной специфики местности.

Необходимо отметить, что при создании моделей ТГГП основным вопросом является временной фактор. Временные затраты связаны в первую очередь с необходимостью подготовки исходных данных, создания фотореалистичных моделей зданий и сооружений, импорта созданных моделей в 3D сцену. При работе с большими геопространственными базами данных время для компьютерной обработки и обновления данных может стать недопустимо большим. Все приведенные в статье сцены были созданы с использованием процессора Intel Xeon (двухъядерный) 3,2 ГГц с 1 Гб операционной памяти. В процессе создания этих сцен авторы сталкивались с проблемами при использовании машин меньшей мощности.

Выводы

Таким образом, рассмотрены основные направления повышения эффективности управления городскими территориями на основе технологии трехмерной визуализации географических данных в сочетании с фотореалистичской визуализацией зданий квартала города Харькова. Показана возможность уже сейчас перейти к построению комплексных «виртуальных» сред обитания, делая геоинформационные системы и сервисы доступными и для городской администрации и для каждого человека.

Научная новизна: впервые была представлена геоинформационная технология, предназначенная для создания и визуализации трехмерных моделей городских территорий, основанная на взаимодействии трех программных продуктов различных фирм разного предназначения: фотограмметрический редактор Digital/Delta, программный ГИС-пакет ArcGIS, пакет средств фотореалистичской визуализации пространственных объектов SketchUp.

Практическое значение: создание ТГГП позволит решить круг прикладных задач, указанных выше.

Список литературы: 1. *Agouris P., Stefanidis A.* "Integration of photogrammetric and geographic databases". International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. XXXI, Part B4. Vienna 1996. P.24-29. 2. *Wurlander R., Gruber M., Mayer H.* "Photorealistic terrain visualization using methods of 3D-computer-graphics and digital photogrammetry" - International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. XXXI, Part B4. Vienna 1996. P. 972-977. 3. *Danahy J.* "Visualisation data needs in environmental planning and design: Virtualising the 3D real world". GIM International, May 2000. P.12-15. 4. *Кузнецов О.В., Леонов А.Л., Наумов С.В.* «ГИС в городском планировании и моделировании». М.: DATA+, ArcReview № 3, 2001. С.20.

Поступила в редколлегию 20.03.2007

Шипулин Владимир Дмитриевич, канд. техн. наук, проф., зав. кафедрой геоинформационных систем и геодезии Харьковской национальной академии городского хозяйства. Научные интересы: использование геоинформационных систем в управлении земельными ресурсами. Адрес: Украина, 61002, Харьков, ул. Революции, 12, тел. 8-057-707-31-04.

Патракеев Игорь Михайлович, канд. техн. наук, доц. кафедры геоинформационных систем и геодезии Харьковской национальной академии городского хозяйства. Научные интересы: геоинформационные системы и технологии в управлении транспортом. Адрес: Украина, 61002, Харьков, ул. Революции, 12, тел. 8-057-707-33-58.

Евдокимов Андрей Анатолиевич, канд. техн. наук, доц. кафедры геоинформационных систем и геодезии Харьковской национальной академии городского хозяйства. Научные интересы: использование геоинформационных систем в управлении инженерными системами. Адрес: Украина, 61002, Харьков, ул. Революции, 12, тел. 8-057-707-33-58.

АНАЛИЗ ЭВРИСТИЧЕСКИХ ПРАВИЛ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОГО РАСПИСАНИЯ РАБОТ В ЕДИНИЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Рассматриваются наиболее известные эвристические правила, используемые при планировании производственных работ. На примере изготовления комплекта деталей строятся варианты расписаний производственных работ с помощью пяти правил. Анализ полученных расписаний позволяет выделить недостатки рассматриваемых эвристических правил. Предлагаются способы их совершенствования, что позволит сократить время ожидания обслуживания по деталям и минимизировать производственный цикл изготовления комплекта деталей.

1. Актуальность темы и постановка задачи

Выбор оптимального расписания заданного набора работ на имеющемся комплекте оборудования исследуется уже давно, но оптимальные решения получены лишь для простейших случаев. Алгоритмы построения расписаний без проведения полного или частичного перебора вариантов называются решающими правилами и играют важную роль в прикладной теории расписаний. Использовать такие правила можно не только при статическом, но и при динамическом портфеле заказов: расписание строится поэтапно, без итераций, причем на каждом этапе определяется ровно одна следующая работа, которая при дальнейшем построении расписания не меняется.

К настоящему времени существуют программные продукты, которые декларируют, что они полностью охватывают все стадии планирования производства и позволяют составлять производственные расписания. В таких системах используют разные критерии оптимальности, чаще всего это максимизация прибыли от реализации продукции ($\sum_{i=1}^n \Pi_i \rightarrow \max$, где

n – количество изделий) или минимизация суммарного штрафа за невыполнение сроков выпуска изделия ($\max \sum_{i=1}^n \omega_i T_i \rightarrow \min$, где ω_i – штраф за задержку выполнения i -го изделия

на единицу времени, T_i – время выполнения i -го изделия). Безусловно, прибыль является основным показателем работы любого предприятия. Но также большую важность представляет оборачиваемость капитала, которую можно увеличить путем сокращения времени производственных циклов изделий. Это можно достичь уменьшением времени ожидания обработки для деталей. В существующих разработках используется однокритериальный подход к планированию производства, что является недостатком таких систем, так как это может привести к снижению экономической эффективности на предприятии, получаемой от внедрения результатов решения задач по оперативному планированию [1]. Методы построения оптимальных планов в предлагаемых программных продуктах не выносятся для оценивания. Поэтому точно сказать, что такая система подойдет конкретному предприятию, невозможно. К тому же для внедрения таких систем необходима интеграция со всеми существующими заводскими разработками по автоматизации отдельных производственных задач, что является большой сложностью.

Для единичного производства характерна большая номенклатура выпускаемых изделий. Разнообразие продукции, часто изменяющейся, как правило, не повторяющейся или повторяющейся через большие интервалы, усложняет оперативное планирование, контроль и регулирование производственного процесса, т.е. управление им [3]. Поэтому очень важно в единичном производстве оптимально распределить изготовление изделий в планируемом периоде, выбрать рациональный способ использования ресурсов в целях достижения наибольшей эффективности.

Применительно к задачам планирования работ в единичном производстве возникает множество трудностей, причины которых следующие:

– оптимизация планирования требует оперативной переработки больших объемов информации и проведения довольно трудоемких расчетов в связи с тем, что изделия повторяются крайне редко;

– по сравнению с долгосрочным планированием составление краткосрочных планов требует большей детализации и должно учитывать многие параметры производственного процесса, которые при долгосрочном планировании игнорируются (обеспеченность инструментами, исправность оборудования и т. п.);

– решение задачи минимизации переналадок станков требует оперативного и достоверного учета хода производства, с помощью которого формируются исходные данные о текущем состоянии заказов, состоянии оборудования, наличии инструментов и т.д.;

– смена операций, а также различие в длительности операций на смежных рабочих местах вызывает частые перерывы в работе оборудования.

Целью работы является определение направления повышения эффективности краткосрочного планирования производственных работ на основе совершенствования эвристических правил, используемых для определения порядка запуска деталей в обработку.

Задачи данной работы:

– анализ эвристических правил [2]: 1) кратчайшей операции, 2) минимальной и 3) максимальной остаточной трудоемкости, 4) минимального простоя оборудования, 5) синтеза алгоритма поиска кратчайшей операции и максимальной остаточной трудоемкости;

– проведение экспериментальной проверки указанных выше правил для простого производственного примера;

– с учетом выявленных недостатков разработать алгоритм, позволяющий получить близкое к оптимальному результату расписание.

К краткосрочному плану могут предъявляться разнообразные требования. Расписания, полученные разными методами, необходимо оценивать согласно следующим критериям оптимальности:

1) минимизация времени ожидания обслуживания (обеспечение комплектного выпуска

деталей, улучшение структуры штучно-калькуляционного времени) ($\min_i (\sum_{i \in I_s} W_{ij})$, где W_{ij} – интервал времени между окончанием $(j-1)$ -й и началом j -й операции i -й детали);

2) минимизация простоев оборудования (максимальная загрузка) ($\min(q_{ik} - \sum_{i \in I_s} F_{iks})$, где

q_{ik} – трудоемкость операции i -й детали на k -м станке; I_s – множество деталей заказа s ;

$F_i = (W_{ij} + p_i)$ – длительность прохождения i -й детали в системе, включая время простоя;

$p_i = \sum_{j=1}^{g_i} p_{ij}$ – общая длительность всех операций i -й детали, g_i – операции i -й детали; P_{ij} – длительность выполнения операции);

3) минимизация времени выполнения всех работ по комплекту деталей ($\min_s (\sum_{i \in I_s} R_{ik} - \sum_{i \in I_s} F_i)$, где R_{ik} – объем работ, который необходимо выполнить по i -й детали заказа S).

Сведение к минимуму времени ожидания обслуживания обеспечивается такой последовательностью работ, при которой наилучшим образом синхронизируется длительность технологических операций и повышается загрузка оборудования. Это важно для единичного производства, где на одном и том же производственном участке обрабатываются детали с резко отличающимися циклами обработки и структурой трудоемкости.

2. Решение задачи и анализ результатов

Для оценки эвристических правил составления расписания рассмотрим пример обработки деталей некоторого заказа, исходные данные для которого представлены в табл. 1.

Правило кратчайшей операции позволяет строить расписания работ, когда из текущего набора работ, подготовленных к выполнению на конкретном станке, выбирается деталь с минимальным временем обработки на этом станке с целью как можно быстрее загрузить работой следующие по технологическому маршруту станки. Оценить время готовности всех деталей можно с помощью диаграммы Ганта (рисунок, поз.а). Ось X – это время выполнения операций, Y - перечень работ. Ширина блоков равна длительности операций, цифра в блоке – это номер детали, буква – тип станка (т – токарный, ш – шлифовальный, ф – фрезерный). Время выполнения всех работ составляет 27 часов. Способ сокращения производственного цикла – использование дополнительного токарного станка или возможность запустить в производство в первую очередь деталь с наибольшей трудоемкостью, т.е. деталь 1. Результаты решения задачи приведены в табл. 2.

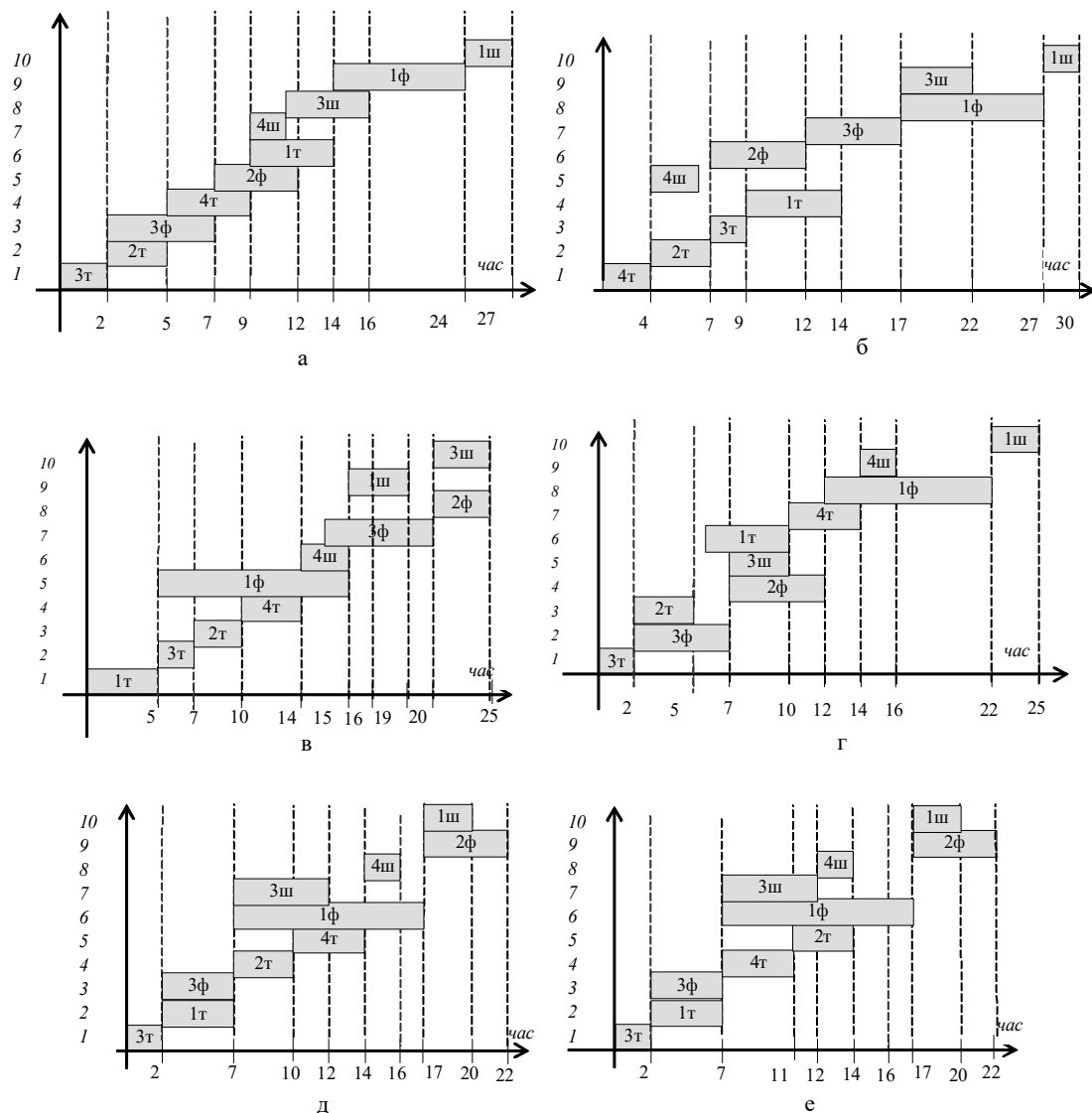
Решая задачу по правилу минимальной остаточной трудоемкости из текущего набора работ, подготовленных к выполнению на станке, выбирается деталь с минимальной суммой времен обработки на всех еще не пройденных станках с учетом текущего станка, или деталь с минимальным числом еще не выполненных операций. Правило используют для того, чтобы по возможности быстрее разгрузить производственную систему, сократив количество находящихся в производстве наименований деталей. Оценивая трудоемкость выполнения каждой детали, по табл. 1 получаем следующий порядок запуска деталей: $4 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 1$. Диаграмма Ганта производственного расписания работ по правилу минимальной остаточной трудоемкости представлена на рисунке, поз.б.

Используя правило максимальной остаточной трудоемкости из портфеля работ, подготовленных к выполнению на станке, выбирается деталь с максимальной суммой времени обработки на всех еще не пройденных станках, включая данный станок (рисунок, поз.в). Если детали комплекта имеют различные технологические маршруты обработки, вместо максимальной остаточной трудоемкости иногда используется максимальное число еще не выполненных операций.

Таблица 1

Станок \ Деталь	Трудоемкость изготовления детали, ч				$t_{обр}, ч$
	1 (муфта)	2 (ролик)	3 (плита)	4 (вал)	
Токарный	5	3	2	4	14
Фрезерный	10	5	5	-	20
Шлифовальный	3	-	5	2	10
<i>Трудоемкость, ч</i>	18	8	12	6	44

Согласно правилу минимизации простоев станков в расписание включают детали с минимальным временем обработки на первом станке для того, чтобы максимально быстро загрузить второй станок. С другой стороны, для сокращения простоев второго станка целесообразно в первую очередь загружать его деталями с максимальным временем обработки. Таким образом, последними будут выполняться работы с минимальным временем (это позволит сократить время работы станков, участвующих в выполнении работ по заказу после завершения работ на первом станке). На рисунке, поз. г представлена диаграмма Ганта полученного расписания.



Расписания, полученные с помощью эвристических правил: а – кратчайшей операции; б – минимальной остаточной трудоемкости; в – максимальной остаточной трудоемкости; г – минимальных простоев станков; д – объединение правил кратчайшей операции и максимальной трудоемкости; е – оптимальное расписание

Решение задачи с помощью алгоритма, объединяющего правила кратчайшей операции и максимальной остаточной трудоемкости, представлено диаграммой Ганта на рисунке, поз. д. Равномерность загрузки обеспечивается тем, что на каждом этапе планирования выбирается деталь, для которой в текущий момент минимально отношение (трудоемкость очередной операции)/(трудоемкость всех невыполненных операций). Общее время выполнения операций 22 часа, которое по сравнению с предыдущими методами минимальное (см. табл. 2). Последовательность работ по данному правилу является близкой к оптимальному расписанию (рисунок, поз.е), но неоптимальной, так как имеется простой оборудования и потеря времени от ожидания обслуживания детали 3 около 16% (7 часов из 44 часов общей трудоемкости работ).

Таблица 2

Критерии оптимальности	Эвристические правила составления расписания производственных работ					ОР*	P _i
	Пр. 1	Пр. 2	Пр. 3	Пр. 4	Пр. 5		
Общее время выполнения работ, ч	27	30	25	25	22	22	0,4
Время ожидания обслуживания, ч:	6	6	19	4	7	3	0,3
- деталь 1	-	3	1	2	-	-	5
- деталь 2	2	-	10	2	7	3	
- деталь 3	4	3	8	-	-	-	
Потеря времени при выполнении комплекта деталей, %	13,6	13,6	43	9,1	15,9	6,8	-
Общая длительность простоев оборудования, ч:	10	16	1	8	3	3	0,2
- фрезерный станок	2	-	-	-	-	-	5
- шлифовальный станок	8	11+5	1	2+6	2+1	3	
Оценка полученного расписания	15,8	19,1	15,1	13,8	11,6	10,6	1

Примечание: ОР* – оптимальное расписание.

Наилучший результат дает алгоритм объединения правил кратчайшей операции и максимум остаточной трудоемкости. Однако полученная последовательность производственных работ по этому правилу имеет потери времени почти 16% (время ожидания обслуживания). При этом в оптимальном расписании эти потери составляют менее 7%.

3. Выводы

Научная новизна. В результате анализа эвристических правил поиска оптимального расписания работ в единичном производстве впервые определены следующие направления повышения эффективности краткосрочного планирования производственных работ:

1. Использование существующих эвристических правил для поиска оптимального расписания работ позволяет получить только близкие к оптимальному расписанию решения. Применение того или иного правила в разных производственных ситуациях зависит от характера приоритетов работ, количества дополнительного оборудования, размера незавершенного производства и других производственных факторов. Если набор операций по комплекту деталей более 50, то в полученном расписании потери времени составляют не менее 40%.

2. Для получения близкого к оптимальному расписанию необходимо комбинировать правила так, чтобы они позволяли формировать расписания с учетом ожидаемого результата на один шаг вперед. Для каждого оборудования необходимо оценивать длительности последующих операций по деталям и времени окончания их обработки так, чтобы время между операциями было минимально (рисунок, поз.е – изменен порядок запуска детали 2 и 4). Это обеспечит не только сравнительно малое время выполнения комплекса работ, но и изготовление деталей с потерей времени не более 15% (время простоя станков сократится до 3%).

Практическая ценность работы состоит в том, что полученные направления легли в основу методики составления оптимального расписания запуска деталей в производство, которая реализована в программном комплексе «Расписание».

Список литературы: 1. Царев В.В. Внутрифирменное планирование. СПб.: Питер, 2002. 496 с. 2. Горнев В.Ф., Емельянов В.В., Овсянников М.В. Оперативное управление в ГПС. М.: Машиностроение, 1990. 256 с. 3. Родионов Б.Н. Организация, планирование и управление машиностроительным предприятием. М.: Машиностроение, 1990. 328с.

Поступила в редколлегию 07.03.2007

Кузьменко Виктор Михайлович, канд. техн. наук, проф. кафедры системотехники ХНУРЭ. Научные интересы: информационные технологии в дискретных системах, имитационное моделирование сложных систем. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14.

Таран Светлана Викторовна, ассистент кафедры компьютерных информационных технологий Донбасской государственной машиностроительной академии (г. Краматорск), аспирант кафедры системотехники ХНУРЕ. Научные интересы: оперативное планирование единичного производства машиностроительных предприятий. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14.

СИНТЕЗ СТРУКТУРЫ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЙ МОДЕЛИ КОНТРОЛЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СТАНЦИЕЙ

Рассматриваются основные подходы к разработке структуры универсальной модели контроля (имитатора управляемого объекта) для систем автоматизированного управления, при программно-аппаратной реализации которой образуются необходимые контрольно-проверочные комплексы. Описывается возможная реализация структуры динамической модели, реализуемой в виде системы взаимодействующих алгоритмов имитации работы оборудования, совместно с динамической математической моделью функционирования управляемого объекта. Приводятся примеры проектирования алгоритмов имитации функционирования оборудования и одного из блоков математической модели работы объекта.

Введение

Для организации контроля и проверки правильности функционирования различных систем автоматизированного управления (САУ) на этапе отработки режимов их работы, а также для определения соответствия многих технических параметров системы установленным допускам в случае отсутствия непосредственного доступа к управляемому объекту необходим некоторый контрольно-проверочный комплекс, имитирующий функционирование управляемого объекта. Построение подобных электронных контрольно-проверочных комплексов осуществляется на основе предварительно спроектированной модели контроля. Структура модели и метод ее проектирования зависит от состава и особенностей объекта, имитацию функционирования которого она осуществляет, а также от структуры САУ и режимов ее работы.

В нашем случае управляемым объектом является газораспределительная станция (ГРС) и для соответствующей ей САУ производится синтез структуры модели контроля, на основе которой строится соответствующий контрольно-проверочный комплекс. ГРС выполняет функции обеспечения поставок природного газа из центральных газотранспортных магистралей, а также последующего его распределения между населенными пунктами (использование газа в бытовых целях) и различными промышленными предприятиями (использование газа в качестве сырья либо источника полезной энергии для различных видов работ). Данный тип объектов является одним из наиболее важных во всей энергетической инфраструктуре государства и поэтому для обеспечения стабильного и безопасного функционирования ГРС в настоящее время интенсивно разрабатываются и внедряются новые виды САУ. Этот факт и определяет необходимость разработки электронных контрольно-проверочных комплексов, отвечающих всем современным требованиям. Наиболее оптимальным и удобным методом решения поставленных задач является синтез универсальной и гибкой модели контроля для построения на ее основе универсальных контрольно-проверочных комплексов.

Целью исследования является разработка оптимальной структуры модели контроля, удобной при программно-аппаратной реализации, а также отвечающей всем необходимым характеристикам исходного объекта.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие *задачи*: выбор оптимального подхода к разработке структуры, синтез структуры, обеспечивающей гибкость динамической модели и возможность удобной ее реализации с использованием современных вычислительных и электронных средств.

1. Основные подходы к разработке и синтез структуры модели

При разработке структуры модели контроля наиболее целесообразно использовать системный подход к решению поставленной задачи, так как она характеризуется практической новизной и до настоящего времени вопрос о создании универсальной и гибкой модели контроля еще не решался. Одним из основных положений системного подхода при проектировании является принцип декомпозиции. Данный принцип предполагает определение перечня подцелей, необходимых для решения глобальной задачи, а также постановку соответствующих этим целям задач. Относительно разрабатываемой модели контроля данный принцип предполагает поблочное проектирование алгоритмов имитации работы оборудования, как основы структуры имитатора, а также разработку динамических математических моделей, соответствующих режимам функционирования объекта. Каждый отдельный блок имитационной структуры модели контроля соответствует определенной группе оборудования объекта с одинаковыми параметрами и алгоритмами функционирования.

Для синтеза структуры модели, имитирующей работу станции, необходимо выделить составляющие части ее структуры, которые тем или иным образом взаимодействуют с САУ. В структуре ГРС выделяют следующие основные группы оборудования, функционирование которых необходимо имитировать:

- система электропневматических устройств управления (ЭПУУ);
- оборудование зала редуцирования (система задатчиков давления и регуляторов);
- датчики различного типа и назначения;
- система одоризации;
- система коммерческого учета газа (КУГ);
- система охраны и безопасности.

В процессе разработки модели для построения алгоритмов имитации указанные выше группы оборудования рассматриваются как отдельные взаимодействующие между собой функциональные единицы или n -мерные массивы функциональных единиц (n – количество однотипного оборудования).

Как было упомянуто выше, структура модели контроля представляет собой систему, состоящую из блока имитатора структуры объекта (моделируется в виде системы алгоритмов, отображающих работу оборудования) и блока имитатора процессов функционирования (проектируется в виде динамической математической модели режимов функционирования объектов). Подобная структура модели характеризуется достаточной достоверностью имитации объекта и удобством при дальнейшей практической реализации модели. Помимо этого такой подход к синтезу имитационных моделей ранее не применялся при решении задач проектирования контрольно-проверочных комплексов.

Структуру модели контроля можно представить в виде блок-схемы (рис.1).

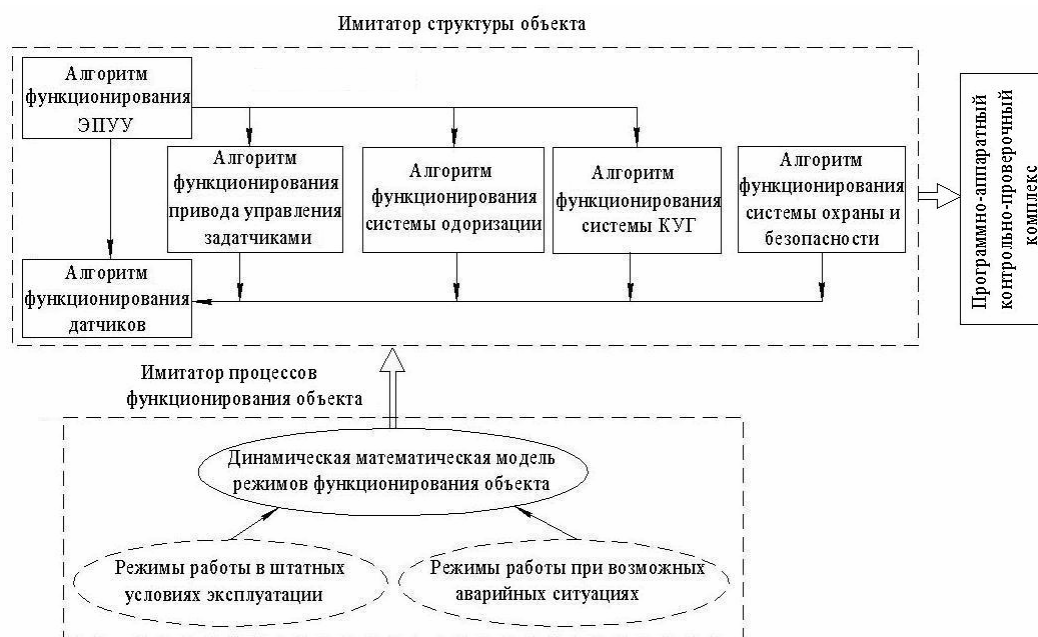


Рис. 1. Структура модели контроля

В структуре объекта присутствует ряд некоторых однотипных видов оборудования, функционирующих по одинаковому алгоритму (ЭПУУ, привод задатчика давления), поэтому для таких множеств однотипных устройств разрабатывается единый алгоритм, а при окончательном синтезе имитатора структуры объекта указанные выше перечни оборудования рассматриваются как n -мерные массивы алгоритмов.

Что касается непосредственно процесса проектирования структуры модели контроля, то его условно разделяют на два этапа:

- разработка алгоритмов функционирования каждого типа оборудования на основе его физического устройства и режимов работы;
- построение динамической математической модели работы объекта (ГРС) с обеспечением возможности определения основных параметров функционирования.

После разработки всех необходимых алгоритмов и построения математической модели функционирования ГРС производится окончательный синтез структуры модели контроля для САУ.

1.1. Проектирование алгоритмов имитации функционирования оборудования

Для более подробного описания процесса проектирования алгоритмов рассмотрим в качестве примера разработку алгоритма функционирования электропневматического устройства управления. Перед началом проектирования алгоритма необходимо произвести описание физического устройства и структуры данного типа оборудования, а также определить перечень переменных, необходимых для разработки. Переменные должны соответствовать возможным состояниям устройства и определенным состояниям управляющих сигналов, приходящих от САУ. ЭПУУ представляет собой управляемое пропускное устройство вентильного типа с исполнительной системой в виде двух клапанов разнонаправленного действия (открыть/закрыть), которые в свою очередь управляются двумя соленоидами. Также в структуру устройства входит система подвижных магнитов, взаимодействующая с двумя герконами, так называемыми «концевиками», которые имеют два состояния (замкнут/разомкнут) и предназначены для индикации и отображения возможных состояний ЭПУУ, а также фиксации и отображения возможных изменений этих состояний. ЭПУУ используются для разрешения или блокировки прохождения газа. Управление клапанами осуществляется через соленоиды путем подачи на них

определенного напряжения. Организация управления состоянием ЭПУУ осуществляется в соответствии с поступающими от САУ командами («открыть», «закрыть»). Учитывая возможные состояния концевиков (приняв условные обозначения: концевик разомкнут – «0», концевик замкнут – «1») и наличие команд от САУ, возможные состояния ЭПУУ можно отобразить таким образом, как показано в табл. 1.

Таблица 1

Концевики		Состояние ЭПУУ
1: Открыть	2: Закрыть	
0	0	Стронулся
1	0	Открыт
0	1	Закрыт
1	1	Неисправность

Модель контроля предполагает динамическое функционирование алгоритма, поэтому необходима организация счетчика, с учетом которого будет работать алгоритм. Устройство ЭПУУ обладает важными для организации имитации его работы временными параметрами, такими как время срабатывания ($T_{сбр.}$) – это отрезок времени между моментом подачи команды с САУ и моментом срабатывания первого концевика (состояние размыкания обоих концевиков), а также время перестановки ($T_{пер.}$) – это отрезок времени между моментом подачи команды с САУ и моментом завершения изменения состояния ЭПУУ (срабатывание оставшегося концевика). В нашем случае наиболее удобно использование счетчика (Сч.Кр.), производящего подсчет времени с дискретностью 1 секунда. Состояние срабатывания ЭПУУ соответствует началу процесса изменения его состояния.

Таблица 2

Текущее состояние ЭПУУ (Сост.Кр.)	Код	Состояние:
	0	открыт
	1	закрыт
	2	стронулся (оба концевика разомкнуты)
Текущее состояние команды (Сост.Ком.)	3	оба концевика замкнуты (неисправен)
	Код	Состояние:
	0	открыть
	1	закрыть
Признак конца команды (Пр.Кон. Ком.)	2	нет команды
	3	обе команды
	Код	Состояние:
Признак начала команды (Пр.Нач. Ком.)	0	не закончилась
	1	закончилась
	Код	Состояние:
	0	не начиналась
	1	«закрыть» началась
Признак брака ЭПУУ (Пр.Бр.Кр.)	2	«открыть» началась
	3	«закрыть» не закончилась
	4	«открыть» не закончилась
	Код	Состояние:
Признак изменения состояния ЭПУУ (Пр.Изм. Сост.)	0	Норма
	1	брак (неисправен соленоид)
	Код	Состояние:
	0	не изменилось
	1	изменилось

Таким образом, учитывая возможные состояния и временные параметры работы ЭПУУ, а также наличие команд от САУ, назначается перечень условных переменных, которые будут использованы при синтезе алгоритма. Данный перечень переменных с их возможными состояниями представлен в табл. 2.

Согласно данному перечню переменных и с учетом использования счетчика Сч.Кр., производящего подсчет времени с дискретностью 1 с, синтезируется алгоритм функционирования модели ЭПУУ, который представлен на рис. 2.

Значения переменных алгоритма и некоторых параметров ($T_{сбр.}$ и $T_{пер.}$), а также наличие и порядок поступления команд от САУ при динамическом функционировании алгоритма поступают из так называемой циклограммы, которая представляет собой программу работы всей модели контроля и синтезируется на основе динамической математической модели функционирования объекта (ГРС).

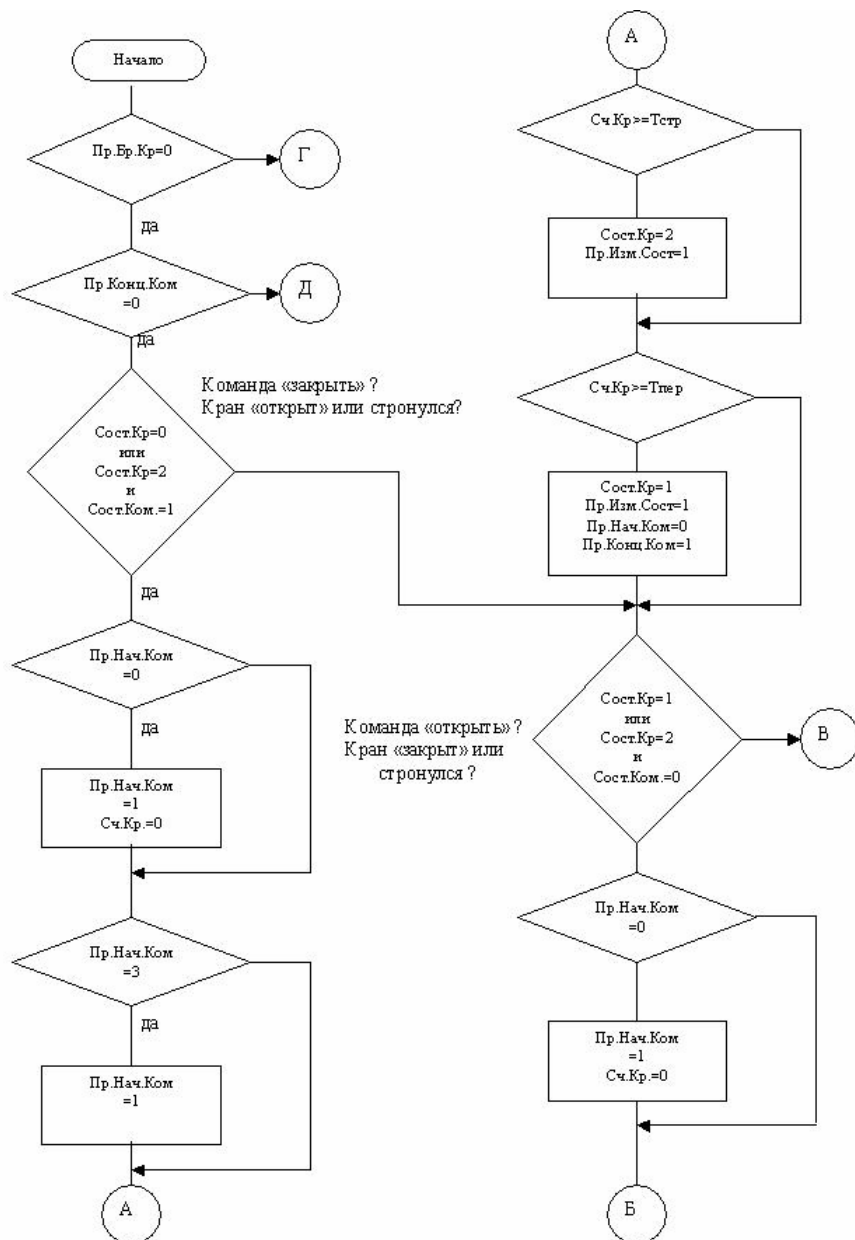


Рис. 2. Алгоритм функционирования модели ЭПУУ

1.2. Описание динамической математической модели функционирования объекта

Разработка динамической математической модели функционирования объекта является вторым этапом построения модели контроля. Цель разработки динамической модели ГРС заключается в построении на ее основе программы работы модели контроля, а также в создании необходимой математической среды:

- разработки алгоритмов САУ ГРС и отработки программ на комплексном стенде;
- качественного выбора настроек алгоритмов, определяемых переходными процессами транспорта газа через ГРС;
- определения настроек алгоритмов контроля исправности регуляторов давления и алгоритмов формирования признаков аварийных ситуаций;

Рассматриваемая математическая модель ГРС объединяет в себе следующие модули:

- подводящего газопровода;
- четырех отводящих газопроводов;
- зала редуцирования.

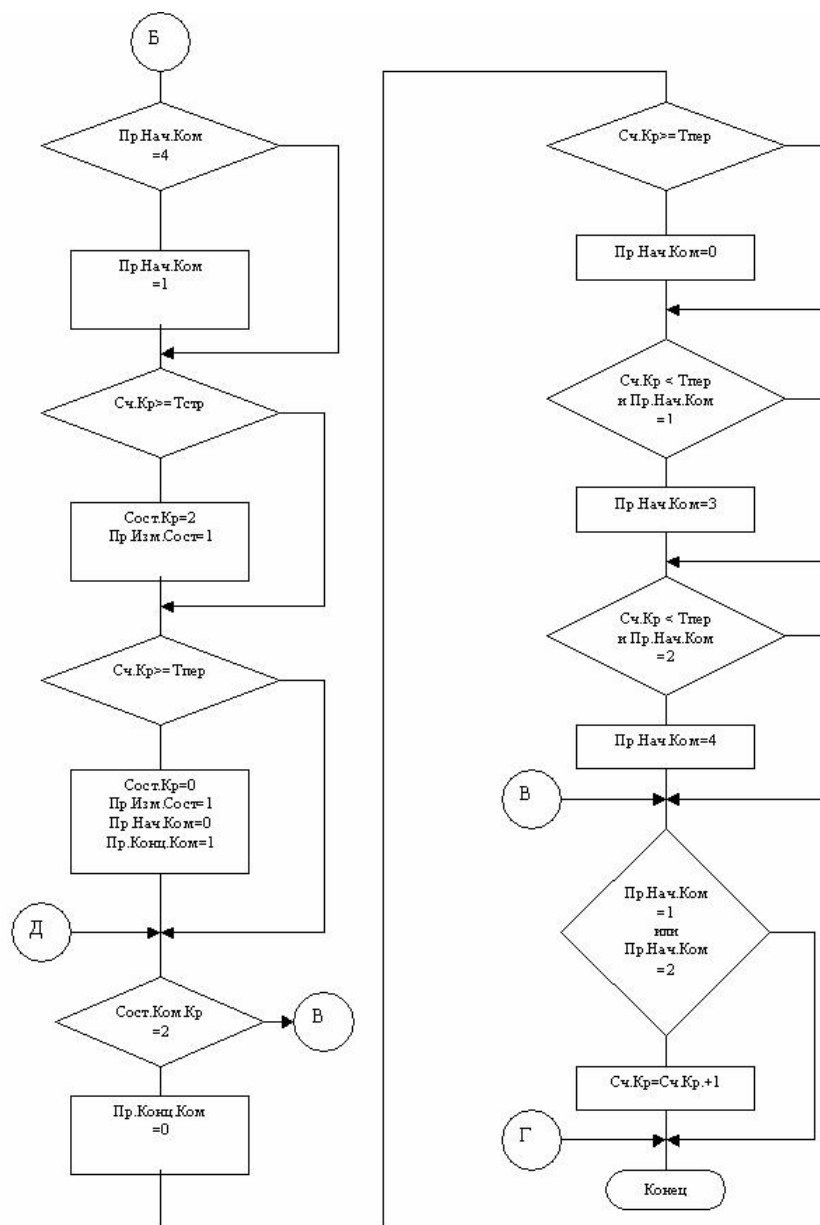


Рис. 3. Модель зала редуцирования

В качестве примера рассмотрим модуль математической модели ГРС – модель зала редуцирования. В данной математической модели производится объединение отдельных модулей отводящих и подводящих газопроводов в единую модель ГРС (рис.3).

Модель зала редуцирования реализует выполнение следующих условий:

- массовый расход газа по каждому отдельному потребителю не может быть: больше максимальной пропускной способности линий редуцирования, включенных в режим «работа» с учетом возможной неисправности регуляторов давления, вызывающих нерегулируемое уменьшение расхода (обрыв штока и т. д.);

- давление газа на выходе ГРС соответствует заданному, если массовый расход не превышает максимальной пропускной способности и не меньше минимальной. В случае невыполнения этого условия давление газа на выходе ГРС по этому потребителю устанавливается исходя из подачи массы газа потребителю, соответствующей массовому расходу максимальной (минимальной) пропускной способности линий редуцирования;

- соотношение давлений газа на входе и выходе ГРС по каждому потребителю может изменяться во всем возможном диапазоне значений, оговоренном в технических условиях

на регуляторы давления (т. е. математическая модель регулятора давления должна предусматривать возможность сверхзвукового и дозвукового истечения газов).

Суммарная максимальная пропускная способность линий редуцирования по К-му потребителю, включенных в режим «работа» - $q_{\max}[k]$, определяется следующими зависимостями [3]:

$$q_{\max}[k] = c1[k]2\sqrt{P_{ВХ}[k](P_{ВЫХ}[5] - P_{ВХ}[k])((n_{zr}(k) - 1) + alg_{\max}[k])},$$

если $P_{ВЫХ}[5] < 2P_{ВХ}[k]$ (дозвуковое истечение);

$$q_{\max}[k] = c1[k]P_{ВЫХ}[5]((n_{zr}(k) - 1) + alg_{\max}[k]),$$

если $P_{ВЫХ}[5] \geq 2P_{ВХ}[k]$ (сверхзвуковое истечение).

Суммарная минимальная пропускная способность линий редуцирования по К-му потребителю, включенных в режим «работа» - $q_{\min}[k]$, определяется следующими зависимостями [3]:

$$q_{\min}[k] = c1[k]2\sqrt{P_{ВХ}[k](P_{ВЫХ}[5] - P_{ВХ}[k])(alg_{\min}[k] + (n_{zr}(k) - 1)alg_{\min0}[k])},$$

если $P_{ВЫХ}[5] < 2P_{ВХ}[k]$ (дозвуковое истечение);

$$q_{\min}[k] = c1[k]P_{ВЫХ}[5](alg_{\min}[k] + (n_{zr}(k) - 1)alg_{\min0}[k]),$$

если $P_{ВЫХ}[5] \geq 2P_{ВХ}[k]$ (сверхзвуковое истечение).

В приведенных зависимостях использованы следующие обозначения: $c1[k]$ – относительная максимальная пропускная способность регулятора давления по К-му потребителю ($\text{кг}\cdot\text{см}^2/\text{кг}\cdot\text{с}$); $P_{ВХ}[k]$ – давление газа на входе отводящего газопровода К-го потребителя (давление газа на выходе ГРС по К-му потребителю); $P_{ВЫХ}[5]$ – давление газа на выходе подводящего газопровода (давление газа на входе ГРС); $n_{zr}(k)$ – количество линий редуцирования по К-му потребителю; $alg_{\max}[k]$ – относительное уменьшение пропускной способности неисправного регулятора давления; $alg_{\min0}[k]$ – относительная минимальная пропускная способность одного регулятора давления в процентах от $c1[k]$; $alg_{\min}[k]$ – относительная минимальная пропускная способность неисправного регулятора давления [3].

Рассмотренная динамическая модель является универсальной для ГРС с одним работающим входом (одним открытым входным краном) и несколькими (не более пяти) выходами. Количество линий редуцирования по каждому потребителю зависит от структуры ГРС.

Заключение

Предложенная структура программно-аппаратной модели контроля системы автоматизированного управления газораспределительной станцией, которая представляет собой систему взаимодействующих алгоритмов имитации работы оборудования, совместно с рассмотренной динамической математической моделью функционирования ГРС [3] представляет собой универсальную и гибкую модель контроля для САУ, что и отображает научную новизну в отношении построения моделей контроля.

Программно-аппаратная реализация рассмотренной модели на основе современных вычислительных и электронных средств позволит создавать контрольно-проверочные комплексы различной конфигурации для проверки функционирования САУ ГРС, в чем и заключается практическая значимость разрабатываемой модели.

Список литературы: 1. *Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р.* Алгоритмы: построение и анализ. М.: МЦНМО, 2000. 632 с. 2. *Шальто А. А.* Методы аппаратной и программной реализации алгоритмов. Санкт-Петербург: Наука, 2000. 749 с. 3. *Експлуатаційні характеристики газонафтового комплексу/ Під ред. Розгонюка В. В. К.: «Росток», 1998. 292 с.*

Поступила в редколлегию 12.03.2007

Собчак Андрей Павлович, канд. техн. наук, доцент каф. 502 НАУ “ХАИ”. Научные интересы: искусственный интеллект, аппаратные компиляторы, программируемые логические интегральные схемы, компьютерные методы моделирования электронных средств. Адрес: Украина, 61000, Харьков, тел. 80503010593, e-mail: Sobchak@ukr.net.

Ефременко Павел Евгеньевич, студент НАУ “ХАИ”. Научные интересы: компьютерные методы моделирования электронных средств, проектирование систем управления, программируемые логические интегральные схемы. Увлечения и хобби: спорт (футбол), историческое холодное оружие. Адрес: Украина, 61000, Харьков, тел. 80509737900, e-mail: Yefremenko@mail.ru.

СТРУКТУРЫ И ТИПЫ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ «ЧЕЛОВЕК – МАШИНА – СРЕДА»

Рассматриваются различные типы общих моделей «человек-машина-среда», каждая из которых адекватно описывает практически важное качество объекта, а все вместе – описывают объект с точки зрения его безопасного функционирования. Дальнейшая их детализация приводит к известным, а также некоторым новым моделям подсистем.

1. Введение и постановка задачи

Известно [1], что единая модель, описывающая все интересующие нас аспекты, достаточно сложной системы либо невозможна, либо ее сложность сопоставима с самим объектом. В то же время система не сводится к совокупности подсистем, поэтому глобальная модель необходима. Выход – в создании системы общих моделей.

Целью работы является описание классов общих моделей для объекта «человек-машина-среда», рассматриваемого с точки зрения безопасности функционирования.

Задача состоит в выборе наиболее полного непротиворечивого и не избыточного множества моделей, адекватно описывающих интересующие нас функции.

Методом исследования является анализ больших систем.

2. Структурно-алгебраические модели

Оставляя за рамками работы философские аспекты моделирования, рассмотрим характерные черты систем «человек – машина – среда» (ЧМС) и их представление в пространстве моделей. Начнём с наиболее общих моделей, позволяющих оценить связность, сложность и некоторые глобальные характеристики системы.

Универсальной областью (в моделировании часто используются термины «мир», «вселенная») в нашем случае является пространство ситуаций $U(t)$ как функций времени. Множество результатов (событий) обозначим Ω . $U(t): \mathbb{R} \rightarrow \Omega$.

Рассматривая объект с точки зрения его безопасности, мы сужаем множества $\{U(t)\}$ и Ω до конечных, причем небольшой мощности. События, таким образом, повторяются, и нас будут интересовать условия повторения и периодичности. Объектами исследования являются цепочки последовательных событий.

Первая из предлагаемых моделей – предикатная. Она позволяет перейти от развития ситуации во времени к цепочке событий, закодированных бинарным вектором. Рассмотрим n событий в системе; из условия $2^{m-1} \leq n \leq 2^m$ выбираем m предикатов для их описания. Этот набор (обычно избыточный на величину $2^m - n$) составляет вектор размерности m , кодирующий события. Для исследования динамики процесса – цепочки событий – следует пополнить множество событий и предикатов «переходами», т.е. промежуточными состояниями, когда i -е событие совершилось, а $i+1$ ещё не произошло.

Особенности системы «человек-машина-среда» проявляются в том, что некоторые из цепочек событий запрещены. Запрещенные цепочки определяются как внутренними ограничениями модели (техпроцесс), так и внешними (поставки сырья и энергии, погода, законодательство и т.д.). Таким образом, естественно возникает вопрос о степени связности модели.

Обозначим Γ процесс перехода от события q к q^1 . Если он невозможен, то $\Gamma=0$. Пополним множество Γ универсальным элементом «1», означающим, что ничего не происходит. Введём операцию $\Gamma_i \circ \Gamma_k = \Gamma_e$, если есть допустимая цепочка $q_i \rightarrow q_k, q_k \rightarrow q_e$.

Очевидно, $0 \circ \Gamma = \Gamma \circ 0 = 0$; $1 \circ \Gamma = \Gamma \circ 1 = \Gamma$. Получена алгебра с 0 и 1, некоммутативная, но ассоциативная, т.е. полугруппа, определяющая структуру системы. Поскольку система развивается во времени, то цепочки необратимы, и $\langle \Gamma, \circ \rangle$ не является группой. Интерпретация такой модели в терминах теории графов обычно более наглядна, но не даёт новой информации.

3. Связность и размерность моделей

Для анализа связности системы рассмотрим матрицу смежности событий из Ω . Сами события есть «вершины», а их множества называются «симплексами»; λ -отношение, порождаемое на Ω системой «человек-машина-среда». В симплекс входят вершины, смежные с данной. Таким образом, система представляется симплициальным комплексом $K(\Omega, \lambda)$. Размерностью симплекса из n событий принято считать $n-1$. Рассматривая общие вершины симплексов, введём понятие связности системы, из которой следует возможность или невозможность её декомпозиции на более мелкие, не связанные или слабо связанные между собой подсистемы.

Рассмотрим максимальное множество общих вершин (грань) симплексов δ_1 и δ_2 из комплекса $K(\Omega, \lambda)$. Пусть r – её размерность. Тогда если δ и δ' соединены цепочкой симплексов δ_i с попарно общими гранями размерности r_i , то говорят, что они связаны q -цепью, где $q = \min\{\dim \delta, r_1, r_2, \dots, r_m, \dim \delta'\}$. Эта операция разбивает комплекс K на классы q -эквивалентности ($q = 0, 1, \dots, \dim K$). Обозначим Q_q – количество классов на заданном уровне q -связности. Тогда связность и возможности декомпозиции системы определяются первым структурным вектором комплекса $\vec{Q} = (Q_{\dim K}, Q_{\dim K-1}, \dots, Q_1, Q_0)$.

Здесь Q_0 – число несвязных компонент совпадает с нулевым числом Бетти (остальные Q_i в общем случае могут не совпадать с числами Бетти соответствующей размерности). Степень интегрированности подсистем в системе определяется эксцентриситетом симплексов:

$$ecc(\delta) = \frac{\dim \delta - \max q}{\max q + 1},$$

где \max берётся по всем q -цепям, содержащим δ .

Очевидно, для уединенной подсистемы грань есть \emptyset , все $r = -1$, значит, $\max q = -1$ и $ecc(\delta) = \infty$.

Обычно размерность системы и степень её связности определяют структурную сложность системы. В основном следуя [2], введем для системы ЧМС понятие меры сложности $C(\Sigma)$ (не только структурной) аксиоматически.

A1. Если $\Sigma_0 \subset \Sigma$, то $C(\Sigma_0) \leq C(\Sigma)$.

A2. Если Σ является параллельным соединением подсистем $\{\Sigma_i\}: \Sigma = \oplus \Sigma_i$, то $C(\Sigma) = \max C(\Sigma_i)$.

A3. При наличии обратной связи: $Fb(\Sigma_2, \Sigma_1)$ – рассматривается как подсистема

$$C(\Sigma_1 \oplus \Sigma_2) \leq C(\Sigma_1) + C(\Sigma_2) + C(Fb(\Sigma_2, \Sigma_1)).$$

При высокой q -связности подсистем «человек», «машина» и «среда» аксиома 3 играет определяющую роль. В системе ЧМС, как следует уже из её названия, содержатся самые разнородные подсистемы и системные переменные x_i , имеющие различные диапазоны и единицы измерения. Связи между ними определяет размерное однородное уравнение $F(x_1, \dots, x_n) = 0$. Известна теорема о переходе к $(n-r)$ безразмерным переменным P_i , где r – ранг размерной матрицы исходных n переменных, $r \leq m$; m – число основных величин в системе СИ. Вводя инвариантную дискриминантную функцию $F = (\vec{a}, \vec{P})$ и определяя весовые коэффициенты \vec{a} из условия максимума межгрупповой вариации, получаем критерий декомпозиции системы на подсистемы. Отметим, что здесь можно применить и другие методы кластерного анализа, и результат декомпозиции должен зависеть от физического содержания системы. Очевидная декомпозиция: «человек» – «машина» – «среда» редко бывает наилучшей в смысле связности. Заметим также, что информационная мера сложности – мера средней неопределённости попадания элемента в кластер – для систем ЧМС нехарактерна, поскольку колеблется в широких пределах для топологических (структурно) подобных систем.

4. Неинвариантные модели

Отметим, что переходя от структуры к функционированию ЧМС, т.е. вводя функцию (критерий качества) на множестве событий, мы теряем инвариантность, по крайней мере, в подсистеме «человек» (поскольку отношение директора, врача, пострадавшего и прокурора к одному и тому же событию различны). Здесь продуктивен подход релятивистской теории информации [3]. Для описания воспользуемся функцией качества на пространстве состояний и входных воздействий. Условие оптимальности состоит в том, что при фиксированном воздействии реализуется состояние, соответствующее локальному минимуму функции U , которая является потенциальной для системы ЧМС, а с другой стороны, может быть отождествлена со структурной энтропией системы. В литературе [4] известен так называемый принцип эволюций, связывающий структурную энтропию \mathcal{E}_s с поступающей информацией I и (внутренней) неэнтропией N следующим соотношением: $d\mathcal{E}_s = \frac{dI}{N}$.

В частности, для автономных замкнутых систем следует [4]

$$dI = dH_i - f(H_0)dH_0 = 0,$$

т.е. структурная энтропия не изменяется. Внутренняя энтропия H_i обычно отождествляется с состоянием системы, а внешняя H_0 – со временем. Оба параметра и целевая функция системы V зависят от наблюдателя («человек») S . Длина геодезической в пространстве состояний при наблюдателях S и S' определяется формулой

$$d\delta^2 = c^2 dH_0^2(\Sigma|S) - dH_i^2(\Sigma|S) - dV^2(\Sigma|S),$$

где постоянная c определяется из соотношения $H_i = cH_0$ для всего «мира». В этом случае при неизменности цели V системы Σ смена «наблюдателя» $S \rightarrow S'$ похожа на преобразо-

вания Лоренца [3] и величину $U(S|S') = \frac{dH_i(S|S')}{dH_0(S|S')}$ называют «организованностью» наблюдателя S с точки зрения S' :

$$H_i(\Sigma|S') = \rho(H_i(\Sigma|S) + u(S|S') \cdot H_0(\Sigma|S)),$$

$$H_0(\Sigma|S') = \rho_0 \left(H_0(\Sigma|S) + \frac{u}{c^2} H_i(\Sigma|S) \right),$$

где $\rho = \left(\frac{1 - u^2(S|S')}{c^2} \right)^{-\frac{1}{2}}$.

Выводы

Авторы полагают, что основные характерные признаки систем ЧМС связаны с каждым из рассмотренных классов моделей и ни один не может быть исключен.

Новизна и практическая значимость работы в том, что детализация и конкретизация этих классов применительно к объектам ЧМС позволяет получить частные модели, например [5,6], обладающие предсказательным (экстраполирующим) свойством, что необходимо для управления безопасностью объекта.

Список литературы: 1. Porter W., Modern foundations of Engineering. New York : Macmillan. 1966. 33 p. 2. Gottinger H., Complexity and Dynamics: Appl. Of Dyn.Sys.Th., IEEE Trans. Sys. Man. Cyber. 1976. P. 876-873. 3. Jumarie G.A. Relativistic information Theory Model for General Systems: Lorentz Transformastion of Organizability and Structural Entropy// Int. J. Sys. Sci. 1975. № 6. P. 865 - 886. 4. Sahal D., System Complexity : Its Conception and measurement in the Design of Engineering sestems// IEEE Trans. Syst. Man. Cybern., SMC – 6, 1976. P.152. 5. Наумейко И.В., Сердюк Н.Н. Марковские модели систем «Человек-Машина-Среда» / АСУ и приборы автоматки. 2005. № 133. С.53-56. 6. Сердюк Н.Н. Модели типа Гаммерштейна для описания нелинейного воздействия группы факторов на организм человека // Радиоэлектроника и информатика. 2006. № 1. С.111-113.

Поступила в редколлегию 21.02.2007

Дзюндзюк Борис Васильевич, д-р техн. наук, проф. зав. кафедрой «Охрана труда» ХНУРЭ. Научные интересы: математическое моделирование эргатических систем. Хобби: путешествия. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 7021-360.

Наумейко Игорь Владимирович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Прикладная математика» ХНУРЭ. Научные интересы: математическое моделирование. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14.

Сердюк Наталья Николаевна, ассистент кафедры «Охрана труда» ХНУРЭ. Научные интересы: управление условиями труда на рабочих местах. Хобби: плавание. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 7021-360.

Стыценко Татьяна Евгеньевна, старший преподаватель кафедры «Охрана труда» ХНУРЭ. Научные интересы: электромагнитная безопасность. Хобби: вязание, кулинария. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 7021-360.

УДК 681.324

А.Н. РЫСОВАНЫЙ

МАТРИЦА СОСТОЯНИЙ НЕЛИНЕЙНОГО РЕГИСТРА СДВИГА С ОБРАТНЫМИ СВЯЗЯМИ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ФОРМИРОВАНИЕ СИГНАТУРЫ

Рассматривается задача определения сигнатуры нелинейными регистрами сдвига с обратными связями по состоянию столбцов матрицы состояний. Выводятся формулы определения столбцов матрицы состояний, расчетов степеней матрицы связей и их взаимное влияние.

1. Введение

Современный уровень развития микроэлектроники предъявляет новые требования к проектированию цифровой техники. Усилия многих ведущих фирм-производителей направлены на усовершенствование старых и разработку новых методов диагностирования цифровой техники.

Одной из разновидностей диагностирования цифровых узлов и блоков является тестовое диагностирование, применение которого на этапе проектирования и изготовления цифровых узлов позволяет определить правильность их функционирования и осуществить процедуру поиска неисправностей. При разработке тестовой диагностики возникает сложность в определении эталонных реакций при тестировании существующих схем, а также в определении оптимального числа контрольных точек для снятия выходной реакции диагностируемой цифровой схемы. Это можно сделать создавая прототип разрабатываемого цифрового устройства и проводя его диагностику аппаратными методами либо осуществляя моделирование на персональном компьютере как цифрового устройства, так и процесса диагностики. Наиболее рациональным является второй подход, который предполагает создание автоматизированных систем диагностики, позволяющих производить диагностику цифровых схем на стадии проектирования. *Актуальность* данной работы определяется тем, что при диагностировании некоторых классов цифровых схем (таких как программируемые логические матрицы) оказывается неэффективным псевдослучайный тест с линейного регистра сдвига с обратными связями, который связан с большим числом сходящихся разветвлений и специальным видом неисправностей в таких схемах [1]. Кроме того, для диагностирования схем, которые имеют три стабильных состояния, а также линий передачи данных, имеющих три уровня сигнала, предпочтительнее использовать устройства, предназначенные именно для решения таких задач [2]. К этим устройствам относят и нелинейные регистры сдвига с обратными связями. При их построении используются полиномы с коэффициентами не с двоичного поля Галуа GF(2).

Наибольший интерес представляют системы диагностики с использованием нелинейных регистров сдвига с обратными связями, вопросы синтеза и применения которых нуждаются в дальнейших совершенствованиях. Например, в работе [3, с. 61] сказано, что: "... в настоящее время мы располагаем весьма скудной информацией о построении нелинейных кодеров". Перекликается с этим высказыванием и работа [4, с. 3]: "... разрыв между практикой и математической теорией недвоичного помехоустойчивого кодирования не сокращается или сокращается недостаточно быстрыми темпами".

Применению линейных регистров сдвига посвящено много работ. Но класс нелинейных регистров сдвига значительно шире линейных. Например, в [5, 6] указаны некоторые области применения, где целесообразнее использование нелинейных регистров с обратными связями. Если регистр сдвига применяется для диагностирования цифровой техники, то такие устройства называются сигнатурными анализаторами (СА).

Целью данной работы является усовершенствование математического аппарата теории нелинейного сигнатурного анализа с детальным рассмотрением формирования проверочной матрицы и матрицы связей, которые позволяют вместе с выбранным полиномом прогнозировать получаемые сигнатуры с полностью подконтрольными разработчику свойствами, рассчитанными на индивидуального потребителя.

Задачи исследования:

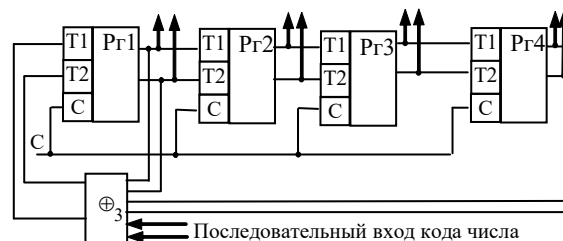
- нахождение математических зависимостей между матрицами связей и состояний;
- вывод формулы для определения различных степеней матрицы связей на основании известных состояний регистра сдвигов.

2. Основная часть

Основой сигнатурного анализатора есть регистр сдвига с обратными связями, выбор которых определяется видом обратных связей.

Сигнатурный анализатор называется нелинейным [7 – 9], если коэффициенты при аргументах принадлежат множеству $a_i \in \{0, 1, 2, \dots, n-1\}$.

Функциональная схема одноканального НСА (НОСА) с полиномом $P(x) = x^4 \oplus_3 x \oplus_3 1$ приведена на рисунке.



Функциональная схема НОСА с $P(x) = x^4 \oplus_3 x \oplus_3 1$

При подаче на вход НОСА с $P(x) = x^4 \oplus_3 x \oplus_3 1$ логической 1 и последующих сдвигах получится матрица состояний H:

1	1	1	1	2	0	1	2	1	1	2	1	2	0	2	0	2	2	1	1
0	1	1	1	1	2	0	1	2	1	1	2	1	2	0	2	0	2	2	1
0	0	1	1	1	1	2	0	1	2	1	1	2	1	2	0	2	0	2	2
0	0	0	1	1	1	1	2	0	1	2	1	1	2	1	2	0	2	0	2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

0	2	0	1	1	0	0	1	2	2	2	0	2	1	0	0	2	0	0	0
1	0	2	0	1	1	0	0	1	2	2	2	0	2	1	0	0	2	0	0
1	1	0	2	0	1	1	0	0	1	2	2	2	0	2	1	0	0	2	0
2	1	1	0	2	0	1	1	0	0	1	2	2	2	0	2	1	0	0	2
2	1	2	2	3	2	4	2	5	3	4	2	5	3	4	2	5	3	4	2

2	2	2	2	1	0	2	1	2	2	1	2	1	0	1	0	1	1	2	2
0	2	2	2	2	1	0	2	1	2	2	1	2	1	0	1	0	1	1	2
0	0	2	2	2	2	1	0	2	1	2	2	1	2	1	0	1	0	1	1
0	0	0	2	2	2	2	1	0	2	1	2	2	1	2	1	0	1	0	1
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60

0	1	0	2	2	0	0	2	1	1	1	0	1	2	0	0	1	0	0	0
2	0	1	0	2	2	0	0	2	1	1	1	0	1	2	0	0	1	0	0
2	2	0	1	0	2	2	0	0	2	1	1	1	0	1	2	0	0	1	0
1	2	2	0	1	0	2	2	0	0	2	1	1	1	0	1	2	0	0	1
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80

В общем случае матрица состояний имеет вид:

$$H = |h_1 h_2 h_3 \dots h_1 \dots h_n|^T,$$

где $h_1 = |10\dots 0|^T$ – начальное состояние регистра; T – символ транспонирования матрицы.

Матрица связей определяет связи между разрядами регистра сдвига и изменяется в зависимости от выбранного образующего полинома $P(x)$. Например, для $P(x) = x^4 \oplus_3 x \oplus_3 1$ матрица связей S имеет вид:

$$S^1 = \begin{vmatrix} 1001 \\ 1000 \\ 0100 \\ 0010 \end{vmatrix}.$$

Первая строка матрицы S показывает, что на первый разряд регистра сдвигов подается информация с выходов 4-го и 1-го разрядов этого регистра, просуммированная по модулю поля Галуа $GF(p^n)$. При использовании полинома $P(x) = x^4 \oplus_3 x \oplus_3 1$ из конечного поля $GF(3)$ суммирование осуществляется по $\text{mod} 3$. Вторая строка матрицы S показывает, что выход первого разряда регистра сдвигов подается на вход первого разряда этого регистра и т.д.

Утверждение 1. Каждый последующий столбец матрицы состояний определяется путем перемножения по модулю поля предыдущего столбца матрицы состояний на матрицу связей регистра сдвига с обратными связями.

Доказательство. Покажем справедливость этого утверждения на примере нелинейного СА с $P(x) = x^4 \oplus_3 x \oplus_3 1$. Для этого определим некоторые столбцы матрицы состояний:

$$h_2 = h_1 \otimes_3 S^1 = \begin{vmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix} \otimes_3 \begin{vmatrix} 1001 \\ 1000 \\ 0100 \\ 0010 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix}; \quad h_3 = h_2 \oplus_3 S^1 = \begin{vmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix} \otimes_3 \begin{vmatrix} 1001 \\ 1000 \\ 0100 \\ 0010 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{vmatrix};$$

$$h_4 = h_3 \otimes_3 S^1 = \begin{vmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{vmatrix} \otimes_3 \begin{vmatrix} 1001 \\ 1000 \\ 0100 \\ 0010 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{vmatrix}; \quad h_5 = h_4 \oplus_3 S^1 = \begin{vmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{vmatrix} \otimes_3 \begin{vmatrix} 1001 \\ 1000 \\ 0100 \\ 0010 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 2 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{vmatrix};$$

$$h_6 = h_5 \otimes_3 S^1 = \begin{vmatrix} 2 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{vmatrix} \otimes_3 \begin{vmatrix} 1001 \\ 1000 \\ 0100 \\ 0010 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 \\ 2 \\ 1 \\ 1 \end{vmatrix}; \quad h_7 = h_6 \oplus_3 S^1 = \begin{vmatrix} 0 \\ 2 \\ 1 \\ 1 \end{vmatrix} \otimes_3 \begin{vmatrix} 1001 \\ 1000 \\ 0100 \\ 0010 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 \\ 0 \\ 2 \\ 1 \end{vmatrix} \quad \text{и т.д.}$$

Таким образом, обобщенная формула определения столбцов матрицы состояний определяется как:

$$h_i = h_{i-1} \otimes S^1, \text{ при } h_1 = |1000|^T \quad (1)$$

и зависит только от вида матрицы связей. Однако необходимо помнить, что и матрица связей, и проверочная матрица формируются в зависимости от вида используемого образующего полинома из выбранного поля Галуа $GF(p^n)$.

Утверждение 2. Каждый последующий столбец матрицы состояний определяется путем перемножения по модулю поля первого столбца матрицы состояний на матрицу связей степени предыдущего столбца регистра сдвига с обратными связями.

Доказательство. В связи с тем, что матрица связей всегда квадратная и ее размер $(r \times r)$ определяется только видом полинома $P(x)$, то любой ее i -й столбец должен соответствовать определенному столбцу матрицы состояний. Например, для $P(x) = x^4 \oplus_3 x \oplus_3 1$ матрица связей S^1 имеет вид:

$$S^1 = \begin{vmatrix} 1001 \\ 1000 \\ 0100 \\ 0010 \end{vmatrix} = |h_2 h_7 h_8 h_1|.$$

В начале доказательства определим некоторые столбцы матрицы связей:

$$S^2 = S^1 \otimes S^1 = \begin{vmatrix} 1001 \\ 1000 \\ 0100 \\ 0010 \end{vmatrix} \oplus_3 \begin{vmatrix} 1001 \\ 1000 \\ 0100 \\ 0010 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1011 \\ 1001 \\ 1000 \\ 0100 \end{vmatrix} = |h_3 h_8 h_1 h_2|;$$

$$S^3 = S^1 \otimes S^2 = \begin{vmatrix} 1001 \\ 1000 \\ 0100 \\ 0010 \end{vmatrix} \oplus_3 \begin{vmatrix} 1011 \\ 1001 \\ 1000 \\ 0100 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1111 \\ 1011 \\ 1001 \\ 1000 \end{vmatrix} = |h_4 h_1 h_2 h_3|;$$

$$S^4 = S^2 \otimes S^2 = \begin{vmatrix} 1011 \\ 1001 \\ 1000 \\ 0100 \end{vmatrix} \oplus_3 \begin{vmatrix} 1011 \\ 1001 \\ 1000 \\ 0100 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 2111 \\ 1111 \\ 1011 \\ 1001 \end{vmatrix} = |h_5 h_2 h_3 h_4|;$$

$$S^5 = S^2 \otimes S^3 = \begin{vmatrix} 1011 \\ 1001 \\ 1000 \\ 0100 \end{vmatrix} \oplus_3 \begin{vmatrix} 1111 \\ 1011 \\ 1001 \\ 1000 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0112 \\ 2111 \\ 1111 \\ 1011 \end{vmatrix} = |h_6 h_3 h_4 h_5| \text{ и т.д.}$$

Следовательно, обобщенная формула расчетов степеней матрицы связей имеет вид:

$$S^i = |h_{i+1} h_{i-2} h_{i-1} h_i|. \quad (2)$$

Из формулы (2) следует, что первый столбец матрицы связей S^i есть последующий столбец матрицы состояний H . Эта формула позволяет определить всю матрицу связей S^i различной степени без предварительного ее расчета, так как матрица состояний H регистра сдвига известна заранее и столбец h_i всегда определен. Наиболее практично, если известен столбец h_{i-2} , потому что все остальные столбцы определяются из h_{i-2} путем сдвига на НОСА.

Определим некоторые столбцы матрицы состояний H :

$$h_2 = h_1 \otimes_3 S^1 = \begin{vmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix} \otimes_3 \begin{vmatrix} 1001 \\ 1000 \\ 0100 \\ 0010 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix}; \quad h_3 = h_2 \oplus_3 S^2 = \begin{vmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix} \otimes_3 \begin{vmatrix} 1011 \\ 1001 \\ 1000 \\ 0100 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{vmatrix};$$

$$h_4 = h_1 \otimes_3 S^3 = \begin{vmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix} \otimes_3 \begin{vmatrix} 1111 \\ 1011 \\ 1001 \\ 1000 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{vmatrix}; \quad h_5 = h_1 \oplus_3 S^4 = \begin{vmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix} \otimes_3 \begin{vmatrix} 2111 \\ 1111 \\ 1011 \\ 1001 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 2 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{vmatrix} \text{ и т.д.}$$

В отличие от (1) следующая обобщенная формула определения столбцов матрицы состояний определяется как:

$$h_i = h_1 \otimes_3 S^{i-1}, \text{ при } h_1 = |1000|^T. \quad (3)$$

Таким образом, $h_i = h_1 \otimes_3 S^{i-1} = h_{i-1} \otimes_3 S^1$.

Полученные формулы (1)-(3) позволяют не только определить результирующую сигнатуру НСА, но также могут быть применимы для определения и локализации ошибок различной кратности.

3. Выводы

В результате проведенных исследований найдены формулы определения проверочной матрицы, зависящие только от вида матрицы связей, которая, в свою очередь, формируется в зависимости от вида используемого образующего полинома из выбранного поля Галуа $GF(p^n)$.

Выведена формула расчетов степеней матрицы связи, которая позволяет определить всю матрицу связей различной степени без предварительного ее расчета, только на основании известных состояний матрицы состояний.

Практическая значимость данной работы состоит в том, что полученные результаты расчетов матриц могут быть применимы как для определения, так и для локализации ошибок различной кратности в зависимости от длины последовательности.

Научная новизна исследований заключается в том, что впервые получены математические зависимости для конечного поля Галуа $GF(3)$ матриц связей и матрицы состояний.

Список литературы: 1. *Латыпов Р.Х.* Воспроизведение тестовых наборов и сжатие данных нелинейными регистрами сдвига // Автоматика и телемеханика. М.: Наука, 1989. №10. С. 167–172. 2. *Рысований А.Н., Гоготов В.В.* Выбор полиномов для нелинейных регистров сдвига с обратными связями по критерию формирования последовательности максимальной длины // Системы управління, навігації та зв'язку. К.: Центральний науково-дослідний інститут навігації і управління, 2007. Вип.1. С. 77–79. 3. *Блейхут Р.* Теория и практика кодов, контролирующих ошибки: Пер. с англ. М.: Мир, 1986. 576 с. 4. *Муттер В.М.* Основы помехоустойчивой телепередачи информации. Л.: Энергоатомиздат, 1990. 288 с. 5. *Karpovsky M.G., Nagvajara P.* Optimal robust compression of test responses // IEEE Trans. Comput. 1990. 39, N1. P. 138–141. 6. *Рысований А.Н.* Выбор полиномов для нелинейных сигнатурных анализаторов по критерию сложности технической реализации // Харків: ХАЖДТ, Зб. наукових праць “Інформаційно-управляючі системи на залізничному транспорті”. 2007. Вип. 2. С. 96–99. 7. А.с. 1264180 СССР. Сигнатурный анализатор. *Иванов М.А.*, Кл. G 06 F 11/00. 8. *Барашко А.С.* Характеристическая функция нелинейного сигнатурного анализатора // Электронное моделирование. 2000. Т.22, №6. С.59-65. 9. *Барашко А.С.* Об одной гипотезе, касающейся нелинейных аналогов примитивных сигнатурных анализаторов // Электронное моделирование. 2000. Т.22, №6. С.84-89.

Поступила в редколлегию 03.03.2007

Рысований Александр Николаевич, канд. техн. наук, доцент кафедры вычислительной техники и программирования НТУ “ХПИ”. Научные интересы: контроль и диагностика цифровой техники. Адрес: Украина, 61002, ул. Фрунзе, 21, тел. 70-76-165, E-mail: rysov@rambler.ru

МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ПРОЕКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОННОЇ КОМЕРЦІЇ

Аналізуються основні проблеми електронної комерції та пропонуються моделі й методи проектування інформаційних систем електронної комерції.

Вступ. Загальна постановка проблеми

Поява глобальних мереж зв'язку і в першу чергу - Інтернет привела до дійсної революції в області організації і ведення комерційної діяльності. Перетворення торкнулися як зовнішніх відносин між компаніями та їхніми партнерами або клієнтами, так і внутрішньої структури самих компаній. З'явилися не тільки нові напрямки ведення бізнесу, але і принципово змінилися вже існуючі. На сьогоднішній день часто відбувається плутанина двох базових понять: е-комерції та е-бізнесу. Відповідно до визначення фахівців компанії IBM, **електронний бізнес (е-бізнес, ЕБ) – перетворення основних бізнесів-процесів за допомогою Інтернет технологій** [1-3], тобто будь-яка ділова активність, що використовує можливості глобальних інформаційних мереж (ІМ) для перетворення внутрішніх і зовнішніх зв'язків з метою створення прибутку. Внутрішня організація компанії на базі єдиної ІМ (Інтранет), яка підвищує ефективність взаємодії співробітників та оптимізує процеси планування і керування; зовнішня взаємодія (Екстранет) з партнерами, постачальниками і клієнтами – усе це складові частини е-бізнесу.

Електронна комерція (е-комерція, ЕК) є найважливішим елементом е-бізнесу. ЕК – це будь-які форми ділової угоди, що проводяться за допомогою ІМ [1-3]. До електронної торгівлі (ЕТ) у широкому змісті (сфера цифрового господарства) відносяться [10-14]: глобальний електронний маркетинг, у тому числі просування традиційних товарів/послуг (інтерактивність – здатність до діалогу – засобів масової комунікації змінити парадигму рекламної справи і досліджень ринку); ЕТ у вузькому змісті: торгівля “невловимими” товарами (контентом), що передаються і/або оплата яких проводиться в цифровій формі (до таких товарів відноситься інформація в текстовій, графічній або звуковій формі); “вилучені послуги” (послуги, пов'язані з консультуванням, юридичною і бухгалтерською підтримкою й інші, які проводяться на відстані); “дистанційна робота” (у сфері нематеріального виробництва стає можливою організація “розподілених офісів”, у яких спільно працюють люди, що знаходяться в різних приміщеннях, містах, країнах). Ці елементи цифрового господарства, генеруючи велику частину сукупного всесвітнього продукту, приводять до значної зміни існуючого ділового оточення. Особливу роль відіграє той факт, що накладні витрати на комунікацію по каналах ІМ дуже незначні, тому глобальні ринки відкриваються для малого і середнього бізнесу, радикально підвищується конкурентоспроможність і розмаїтість пропозицій на ринках.

Актуальність дослідження

Електронний бізнес – один з найефективніших інструментів для створення і/або розвитку більшості видів бізнесу [6]. ЕБ можна розділити на дві форми [7]: ЕБ як основа створення бізнесу; ЕБ як додатковий інструмент розвитку вже існуючого традиційного бізнесу.

ЕБ як основа створення бізнесу – модель бізнесу, де більшість бізнесів-процесів виконуються за допомогою інформаційних технологій (ІТ) Інтернету [7]. Приклад: електронний магазин (ЕМ) по торгівлі будівельними матеріалами “StroyShop.ru” – онлайн-ова модель ведення бізнесу. За допомогою ІТ ЕБ в “StroyShop.ru” ведуться такі бізнес-процеси [2,7]: забезпечення користувачів інформацією про товари/послуги та хід виконання замовлення; продаж та оплата товару/послуг; регулювання відносин з постачальниками, покупцями, службою доставки; автоматизована модифікація товарної бази постачальників; ведення звітності; пошук партнерів. Відмінність “StroyShop.ru” від традиційних магазинів: відсутність

“земної” точки продажу і складів; робота 24 години на добу, 7 днів на тиждень; повна автоматизація діяльності компанії.

ЕБ як додатковий інструмент ведення/розвитку бізнесу – традиційна модель ведення бізнесу, доповнена новим середовищем, ІТ ЕБ [3,7]. Приклад: Інтернет-служба замовлення товарів і послуг “Zakaz OnLine”, яка існувала як традиційна компанія з кінця 1998 року. Бізнеси-процеси компанії: опрацювання дзвоників із замовленнями операторами; пошук товару/послуги; оплата і доставка замовлення. Проблеми: обмежена потенційна клієнтська база; високий рівень порогу виходу на ринок; складність пошуку; незручність обміну інформацією із замовником ; складності в розвитку супутнього сервісу; висока вартість рекламних заходів; відсутність портрета клієнтів.

При додаванні до традиційного бізнесу онлайн-сервісу отримали такі переваги: збільшення замовлень у 5 разів; ріст потенційної бази клієнтів; замовник із доступом в Інтернет, не турбуючи персонал, на сервері Інтернет-служби дізнається, на якій стадії виконання знаходиться замовлення; збільшення швидкості пошуку за допомогою Інтернет-ІТ персоналу Інтернет-служби; Інтернет-ІТ дозволяють на базі Інтернет-служби розвивати супутній сервіс для клієнтів; за допомогою Інтернет-ІТ Інтернет-служба одержує інформацію про портрет свого користувача (статистика, анкетування на сервері); низька вартість рекламних заходів; увага з боку преси. І все це завдяки використанню в традиційному бізнесі ІТ ЕБ, середовище якого дозволяє фірмам [6,10]: забезпечити своєю корпоративною інформацією увесь світ або тільки цільову групу клієнтів; скоротити витрати; автоматизувати/оптимізувати бізнес-процеси компанії як усередині, так і у відносинах з постачальниками/дилерами/партнерами; забезпечити безперебійну роботу бізнесу (7 днів на тиждень, 24 години на добу); виходити на будь-який ринок світу; розвивати окремі напрямки бізнесу. Для успішного застосування ІТ в ЕБ необхідно із самого початку чітко визначити його перспективність та корисність.

ІТ ЕБ дозволяють вирішити такі проблеми [11-12]: недостатність інформаційного обміну між компанією і партнерами/постачальниками/дилерами/персоналом; недостатність засобів для масштабних рекламних кампаній; високий рівень виходу на нові ринки; складність виходу на регіональні та світові ринки; непомірні податки з боку держави; постійне втручання у бізнес районних/міських адміністрацій; високі витрати; плутанина усередині компанії через неналагоджені взаємини між її відділами; проблеми у веденні звітності.

Використання ІТ ЕБ надає такі можливості [1-3, 12]: вихід на всі ринки світу; безперебійна робота бізнесу (24 години на добу 7 днів на тиждень); обмін інформацією з будь-якою точкою світу; скорочення витрат; оптимізація/автоматизація бізнесів-процесів компанії; оптимізація й автоматизація взаємин з постачальниками/дилерами/партнерами; можливість здійснення платежів через ІМ; можливість здійснення платежів по бартерних і клірингових схемах; скорочення витрат на рекламу і маркетингові заходи; безконтактність з районними/міськими адміністраціями; можливість передачі без збитку бізнесові частини бізнесів-процесів на аутсорсинг; мобільність бізнесу. Існує ряд факторів (табл.1), що впливають на розвиток В2В [12-14] в Україні [1-3, 6-7].

Перелічені вище фактори безпосередньо впливають на ступінь готовності кожного із сегментів вітчизняної промисловості до використання механізмів міжкорпоративного ЕБ (В2В), що істотно диференціюється залежно від конкретної галузі індустрії.

Для виявлення найбільш перспективних секторів вітчизняної індустрії з погляду реалізації механізмів В2В в своєму дослідженні рейтингове агентство “Експерт РА” провело аналіз наявного потенціалу для ведення В2В, його можливих форм та інтенсивності розвитку в промисловості [1]: паливно-енергетична, чорна/кольорова металургія, хімічна/нафтохімічна, машинобудування, лісова/деревообробна/целюлозно-паперова, будівельні матеріали, харчова, фармацевтична, легка промисловість. Для порівняльного аналізу використовувалися три основні групи факторів впливу на стартові умови при впровадженні В2В-рішень у вітчизняну індустрію [1] (табл. 2).

Таблиця 1

Стримуючі фактори	Стимулюючі фактори
Загальноекономічні фактори	
<ul style="list-style-type: none"> - багаторічна нестабільність економічної ситуації; - висока частка "тіньового" сектора економіки; - високий рівень монополізації промисловості, зв'язку, транспорту; - велика роль особистих відносин і персональної зацікавленості у формуванні постачальницько-збутових ланцюжків; - низький рівень коштів у загальній структурі взаєморозрахунків; - множинність підходів до ціноутворення в рамках одного підприємства, обумовлена застосуванням різних схем розрахунків; - неприйнятна для бізнесу податкова система; - неоптимальне використання наявних ресурсів; - пріоритетна потреба у відновленні основних фондів при дефіциті власних засобів; - несприятливий інвестиційний клімат 	<ul style="list-style-type: none"> - гігантські географічні масштаби національного економічного комплексу; - економічний підйом і поживлення промислового виробництва; - розширення внутрішнього ринку; - підвищення рівня "мониторизації" економіки; - високий рівень диференціації цін на однорідну продукцію; - потреба компаній у підвищенні ефективності постачальницько-збутової діяльності; - поліпшення фінансового стану підприємств, насамперед у експорторієнтованих галузях за рахунок поліпшення кон'юнктури світових ринків енергоносіїв і сировини; - поява нових власників, зацікавлених у підвищенні ефективності бізнесу; - появи перших B2B проектів в Україні
Інфраструктурні фактори	
<ul style="list-style-type: none"> - невисокий рівень ІТ, особливо на периферії; - обмежена Інтернет-аудиторія, у тому числі й у сегменті корпоративних користувачів; - слабкий ступінь розвитку телекомунікацій 	<ul style="list-style-type: none"> - високі темпи росту користувачів Інтернет; - поступовий процес комп'ютеризації компаній; - високий інтелектуальний потенціал у сфері розвитку ІТ
Управлінські фактори	
<ul style="list-style-type: none"> - низька ефективність корпоративного керування; - інерційність у сприйнятті принципово нових підходів до ведення справ; - недовіра до інструментів ведення бізнесу, не апробованих в Україні 	<ul style="list-style-type: none"> - поступове підвищення рівня менеджменту в компаніях, зацікавлених у довгостроковому розвитку ЕБ
Правові фактори	
<ul style="list-style-type: none"> - відсутність правового регулювання ЕТ 	<ul style="list-style-type: none"> - здійснюється розробка проектів законів для подальшого твердження законодавчими органами

Таблиця 2

Структурно-економічні	Інфраструктурні	Керівні
<ul style="list-style-type: none"> - фрагментованість ринків і рівень конкуренції; - інтенсивність фінансових потоків та експортно-імпортна орієнтація; - частка коштів у розрахунках за поставлену продукцію; - система організації постачальницько-збутової діяльності; - рівень уніфікації продукції 	<ul style="list-style-type: none"> - автоматизація бізнесів-процесів; - розвиток інфраструктури ІМ; - забезпеченість ІТ-персоналом; - доступ/використання можливостей ІМ; - інвестиції в розвиток ІТ 	<ul style="list-style-type: none"> - рівень менеджменту; - характер взаємовідносин менеджерів і акціонерів

Проведений маркетинг (аналіз факторів) показав, що в даний час жодна з досліджуваних галузей повною мірою не готова до використання моделей B2B комерції. В окремих сегментах промислового виробництва вже сформувався ряд умов, сприятливих для проведення комерційних транзакцій між основними учасниками ЕБ, помітний розвиток ЕТ [1-3,7].

Аналіз сучасних досліджень і публікацій

Маркетинг (англ. *marketing*, від *market* – ринок) – це система керування виробничою і збутовою діяльністю підприємств та фірм (рис. 1), основана на комплексному аналізі ринку [1]. Включає вивчення і прогнозування попиту, цін, організацію НДР зі створення нових видів продукції, рекламу, координацію внутрішньофірмового планування й фінансування тощо. Інструменти маркетингу [1-3]: товар і товарна політика – визначення товарів, які продаватиме фірма; ціна і цінова політика; система збуту; сервісне обслуговування та підтримка споживачів.

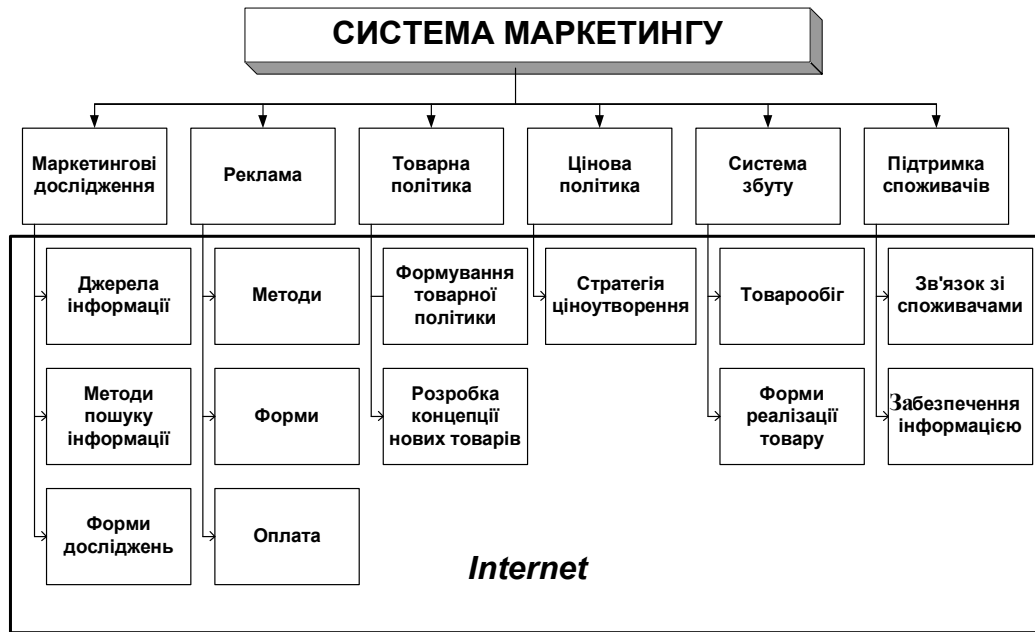


Рис. 1. Вплив ІМ на систему маркетингу підприємства

Особливе значення в ЕБ мають маркетингові дослідження – процеси пошуку, збору, опрацювання та підготовки інформації для прийняття оперативних і стратегічних рішень у комерційній діяльності компанії. ІМ дозволяє проводити [1,3,6]:

– первинні маркетингові дослідження (основані на первинних даних, отриманих власне в результаті маркетингових досліджень): опитування разове та повторне (панелі), яке використовують при вивченні думки споживачів конкретної групи за певний проміжок часу; спостереження (процес відкритого/прихованого збору інформації про об’єкт незалежно від його готовності надавати цю інформацію); експеримент;

– вторинні маркетингові дослідження (*desk research* – основані на вже наявній інформації, іноді називаються кабінетними): пошук інформації з використанням пошукових серверів, у Web-каталогах, використання “жовтих сторінок”, пошук на тематичних Web-серверах та за посиланнями, розміщеннями на Web-серверах.

Особливості проведення опитувань з використанням ІМ [1,2]: невисока вартість; автоматизація процесу та аналізу його ресурсів; можливість точного фокусування опитувань на цільовій аудиторії. Спостереження здійснюється шляхом реєстрації подій та вивчення поведінки того чи іншого об’єкта. В ІМ спостереження здійснюються шляхом збору і наступного аналізу log-файлів Web-сервера; даних, одержаних на основі аналізу запитів користувачів; поведінки користувачів; навігації по Web-серверу; використання файлів “cookie” (статистика відвідувань Web-сервера). Експеримент передбачає дослідження поведінки об’єкта (певних вихідних параметрів) на основі зміни вхідних параметрів (зміна структури покупців при зміні засобів реклами/ціни).

Реклама – комерційна пропаганда споживчих якостей товарів/послуг з метою переконання потенційних покупців їх придбати [1,7]. Види реклами: іміджеві, стимулюючі. Можливості ІМ порівняно з традиційними видами реклами [6,7]: постійна актуальність інформації; видозміни реклами залежно від реакції покупця; прийняття інформації від покупця; миттєве поширення інформації; надання різним користувачам різної інформації; здійснення операції купівлі/продажу.

Основні методи реклами в ІМ [3]: реєстрація доменного імені; реєстрація сервера в пошукових системах (звичайне розміщення (банери), з урахуванням тематики (контекстний показ), за ключовим словом); розміщення посилань на сервер у Web-каталогах; розміщення посилань у “жовтих сторінках”; обмін посиланнями з іншими серверами; використання банерних мереж; використання рейтингів; розміщення платної реклами на сайтах; використання груп новин і дискусійних груп; використання партнерських та спонсорських програм. Організація таких програм вимагає наявності спеціального серверного програмного забез-

печення, що фіксуватиме, звідки надійшли відвідувачі, та не допускати штучної “накрутки” їх кількості [11]: розсилка електронною поштою; публікація в ІМ; використання традиційних видів реклами. Порівняння рекламної ефективності методів реклами та їх популярності [1]¹ наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Метод реклами	Коефіцієнт реальної ефективності (1-5)	Популярність серед опитаних менеджерів, %
Розсилка e-mail клієнтам	4,3	77
Партнерські програми	4,3	17
Телебачення	4,0	30
Зовнішня реклама	3,7	17
Журнали	3,4	34
Радіо	3,4	32
Банерна реклама	2,8	89

Послуги електронних рекламних агентств [1,12]: проведення рекламної кампанії – комплексу рекламних заходів, об’єднаних однією метою та розподілених у часі так, щоб один рекламний захід доповнював інший; креатив² – використання нових, свіжих і неочікуваних творчих рішень маркетологом при розробці реклами (банера), вимірюється ефективністю впливу на користувача; медіапланування – оцінка параметрів цільової аудиторії, аналіз/вибір тематичних розділів/майданчиків, визначення способів подачі рекламної інформації та середньої кількості показів реклами одному користувачеві; консультації зі створення і розвитку аудиторії Web-сайтів; консультації з розміщення реклами; публік рилейшнз (PR) супровід – діяльність щодо впливу на громадську думку з метою формування і підтримки позитивного іміджу фірми; медіабаїнг – робота з організаціями-посередниками (рекламними агентствами, PR-агентствами, Web-студіями).

Основні етапи маркетингу в ІМ [10-12]: визначити свої цілі, цільову аудиторію, переваги конкурентів/власні; сформулювати свою маркетингову стратегію; вибрати інструменти реалізації маркетингової стратегії в ІМ; реалізувати/підтримувати маркетинговий проект; одержувати, аналізувати та використовувати інформацію від споживачів; постійно вивчати досвід інших компаній в ІМ та використовувати його у своїй діяльності.

Виділення проблем

Електронний ринок (ЕР) – використання новітніх ІТ для взаємодії між суб’єктами бізнес-процесу чи підприємницької діяльності з метою підвищення ефективності роботи з клієнтами, постачальниками та бізнес-партнерами, включаючи продаж, маркетинг, фінансовий аналіз, платежі, пошук співробітників, підтримку користувачів і підтримку партнерських відносин [1]. На ЕР EDI³ накладає основні вимоги [1-3,7]: єдиний синтаксис обміну; можливість вибору елементів даних; єдиний формат представлення елементів при генерації повідомлень та файлів для обміну. Основні принципи ЕР [2,6,11]: просте та єдине застосування стандартизованих правил складання електронних документів в ЕБ; використання єдиних специфікацій (EDI) у максимально можливих межах; забезпечення відкритими стандартами ЕТ: B2B⁴ та B2C⁵; мінімізація витрат при обміні додаток-додаток; забезпечення мультимовної підтримки; урахування національних та міжнародних правил торгівлі; урахування традиційних принципів EDI на основі стандарту UN/EDIFACT; єдині специфікації пакетів та маршрутизації.

ЕР на базі ІМ разом з новітніми ІТ (управління знаннями) фактично є могутніми засобами, які сприяють функціонуванню віртуальних ринків (ВР) та роблять віртуальний бізнес прибутковим для суб’єктів ЕК (рис.2) [3]. ВР – суб’єкти ЕК (групи людей), що спільно займаються комерцією незалежно від їх фізичного місцезнаходження, перетинаючи кордони підприємств та країн, у реальному часі (синхронно) або у відстроченому режимі (асинхронно).

¹ За матеріалами: www.E-management.ru

² Від англ. creative – творчість

³ Electronic Data Interchange – електронний обмін даними

⁴ Business to Business (бізнес-бізнес) – ЕБ між компаніями (підприємства)

⁵ Business to Customer (бізнес-споживач) – ЕБ між підприємством та споживачами

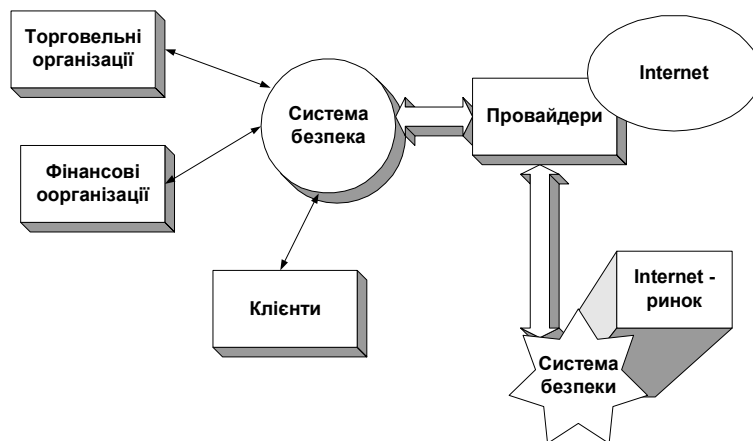


Рис. 2. Електронний ринок

Суб'єкти ЕК на ВР швидко реагують на зміни ринку при критично низьких витратах з точки зору традиційного бізнесу; постійно перебудовують свою конфігурацію/архітектуру процесів, щоб зберегти максимальну ефективність в умовах динамічного ринку. Завдяки своїй здатності створювати, впроваджувати й експлуатувати більш новаторські та цілеспрямовані служби за менших капіталовкладень у більш стислі терміни зі значно меншим фінансовим ризиком суб'єкти ЕК на ВР створюють серйозну конкуренцію великим традиційним корпораціям. ВР ефективніші порівняно з традиційними, оскільки [1-3]: забезпечують споживача повною інформацією про товари та послуги (надають можливість пошуку/вибору її серед більших обсягів, ніж у друкованих виданнях, у рекламі по телевізору та радіо); надають можливість скорочення каналів розповсюдження товарів та ліквідації проміжних ланок (дистриб'юторів, оптових продавців), залишаючи прямий зв'язок "виробник - покупець"; вимагають менших обсягів вкладень для виходу на ВР з боку суб'єктів ЕК; глобальний доступ до них з будь-якої точки планети та у будь-який час. ЕР відкритий (доступний для компаній будь-яких розмірів і для споживачів) [1,7].

Сектори ЕР [1]: роздрібна торгівля (електронний споживчий ринок, ЕСР); торгівля між підприємствами; електронний фінансовий ринок (банківські послуги, послуги брокерських компаній). Особливості ЕСР: споживачі взаємодіють з ІМ і здійснюють запити на товар; споживачі контролюють отримання інформації про товари/послуги й одержують її у будь-який час; споживачі запитують додаткову інформацію про товари/послуги (у тому числі в інтерактивному режимі); підвищується можливість появи шахрайських фірм; існує значний психологічний бар'єр з боку споживача для використання ІМ під час передачі важливих даних (номер кредитних карток). Продаж товарів підприємствам має свою специфіку: великі замовники знають, що хочуть, тому демонстрація загального асортименту товарів чи розміщення додаткової інформації про товари меншою мірою здатні підштовхнути їх до купівлі; підприємства-замовники мають мало часу на пошук товару в ІМ, що вимагає спрощення пошуку товару (для постійних клієнтів зберігається інформація про рахунок, платіж, умови поставки на сервері).

Фінансовий електронний ринок через WWW та FTP сервер забезпечує інформацію та надає можливість працювати з такими розділами фінансового ринку [2,10-12]:

1. З грошовим ринком: індикаторами грошового ринку країни (MIBID, MIBOR, MIACR, INSTAR); індикаторами міжнародного грошового ринку (LIBOR, PIBOR, FIBOR ...); ставками по міжбанківських кредитах; кредитними та депозитними ставками на міжнародному ринку; підсумками торгів кредитними ресурсами; ставками по депозитах; відсотковими банківськими векселями; котируванням векселів у вексельних центрах; позабіржовим ринком корпоративних векселів.

2. З валютним ринком: підсумками торгів на біржах України та країн СНД; курсами конверсії (взаємного обміну) іноземних валют у країні; крос-курсами світових валют; курсами обміну USD і DEM у КБ та в обмінних пунктах; підсумками ф'ючерсних торгів; котируванням форвардних контрактів у країні; курсами взаємного обміну готівкових іноземних валют; позабіржовим валютним ринком (курси обміну безготівкової іноземної валюти

TODAY, TOMORROW); котировкою безготівкових м'яких валют; курсами обміну готівкових валют у містах України та країнах СНД; результатами торгів на Лондонському ринку дорогоцінних металів.

3. З ринком державних цінних паперів: підсумками торгів ГКО на ММВБ та регіональних біржах; сповіщенням банків України про випуск серії ГКО та ОФЗ; підсумками аукціону по розміщенню випусків ГКО на ММВБ/ОФЗ і регіональних біржах; умовами обслуговування клієнтів на ринку ГКО-ОФЗ; інформацією Міністерства фінансів по ОГСЗ; середніми та кращими цінами позабіржового ринку ОГСЗ; позабіржовим ринком ОГСЗ; позабіржовим ринком облігацій внутрішньої державної валютної позики (ОВВП); ставками по операціях зворотного викупу облігацій ВВП; оборотами по операціях деяких учасників ринку ОВВП; підсумками біржових торгів державними цінними паперами; підсумками операцій з розрахунковими форвардними контрактами; оголошенням про випуск муніципальних паперів; підсумками аукціону по первинному розміщенню уявних короткострокових облігацій; оглядами ринків ГКО, облігацій ВВП.

4. З ринком корпоративних цінних паперів: індикаторами фондового ринку; котируванням найбільш ліквідних акцій; середніми і кращими цінами позабіржового ринку акцій; підсумками біржових торгів цінними паперами; підсумками торгів на фондових біржах світу; позабіржовим ринком акцій.

Фінансовий ЕР забезпечується єдиним технологічним процесом підготовки оперативної фінансової інформації, завдяки чому інформація негайно, по своїй готовності, стає доступною користувачам ІМ. Для підтримки ІТ функціонування фінансового ЕР використовується сімейство серверів Microsoft BackOffice. Переваги ЕК порівняно зі звичайною комерцією [1-3]: збільшення оперативності обміну інформацією, особливо у міжнародних операціях; скорочення циклу виробництва та продажу (більше немає необхідності щоразу вводити отримані документи, знижується ймовірність виникнення помилок введення документації); зниження витрат, пов'язаних з EDI за рахунок використання дешевших ресурсів комунікацій; відвертість за рахунок використання ІМ-технологій; легкість/швидкість інформування партнерів і клієнтів про продукти/послуги; створення альтернативних каналів продажу (електронний магазин).

Електронний магазин (ЕМ) – автоматизована торгова система, що функціонує цілодобово та забезпечує ведення всього комплексу торгово-облікових операцій; має свою Web-вітрину з каталогом товарів і функціями з обслуговування покупців. Для ЕМ обов'язково є наявність двох функціональних частин [6,7]: Web-вітрина (автоматичний шлюз в ІМ), інтегрована із системою ведення торгових операцій; система здійснення торгових операцій, інтегрована з бізнес-процесом підприємства. Для ефективного функціонування ЕМ [2-7] потрібно: бізнес-схеми ЕТ; розв'язати організаційні питання взаємодії різних підрозділів торгової компанії з ЕМ; поєднати внутрішні бізнес-процеси з Web-вітриною; технічне та програмне забезпечення оперативного аналізу, обліку, ведення та прийняття рішень по всьому комплексу торгово-облікових операцій; аналіз пропозицій по ЕМ з точки зору привабливості Web-вітрин та повноти реалізації торгових функцій.

Для забезпечення вказаних функцій ЕМ повинен мати такі властивості: покупець у торговому залі ЕМ [10-12] ознайомлюється з повним каталогом товарів/послуг із будь-якою мірою вкладеності та ієрархією; відправляє необхідний товар в "кошик", який можна переглянути в будь-який момент; зареєстрований покупець може переглянути всі набрані ним колись кошики; реєстрація або оформлення разової купівлі; вибір способу доставки товарів; оплата купівлі на основі різних варіантів (провести платіжну транзакцію або оформити рахунок для оплати); для адміністративного управління ЕМ організація взаємодії з бек-офісом за допомогою звичайного броузера через спеціальний закритий вхід у систему (каталог-менеджер створює/редагує каталог товарів; продукт-менеджер вводить/модифікує інформацію про товари; керівники запасами контролюють стан складу й задають кордони мінімальних запасів для кожного товару; менеджери по закупівлі забезпечують поповнення запасу товарів; контакт-менеджери опрацьовують та аналізують інформацію про покупців та забезпечують надбудову індивідуальних профілів покупців); для адміністративного контролю за ЕМ реалізація взаємодії з бек-офісом звичайного броузера через спеціальний закритий вхід у систему (керівник здійснює оперативний контроль за станом

процесів ЕМ; із запитів адміністрації та менеджерів проводиться видача інформації статистичного характеру; проводиться/аналізується фінансовий ЕР); Web-вітрина (оформлення замовлень менеджера торгуючої компанії та електронна пересилка до ЕМ; автоматична виписка рахунків; прийом електронних платежів).

Формування цілей (постановка задачі)

Побудуємо математичну модель системи електронної комерції (СЕК) як складової частини ЕР. СЕК – система (чорний ящик), на яку подаються вхідні дані, знімаються вихідні, яка має певні внутрішні стани та процеси. Інформаційна СЕК – множина внутрішніх процесів, вхідних та вихідних даних, що є скінченними множинами. СЕК можна подати у вигляді математичної схеми (F-схеми), яка характеризується шістьма елементами [4, 8-9]: скінченною множиною X вхідних даних (вхідний алфавіт); скінченною множиною Y вихідних даних (вихідний алфавіт); скінченною множиною Z внутрішніх станів (внутрішній алфавіт, алфавіт станів); початковим станом $z_0 \in Z$; функцією переходів $\varphi(z, x)$; функцією виходів $\psi(z, x)$.

Система задається F-схемою $F = \langle Z, X, Y, \varphi, \psi, z_0 \rangle$ та функціонує в дискретному системному часі, моментами якого є *такти* (суміжні рівні інтервали часу, кожному з яких відповідають однакові значення вхідних, вихідних даних та внутрішнього стану).

Позначимо $z(t)$, $x(t)$, $y(t)$ – внутрішній стан, вхідні та вихідні дані t-го такту, $z(0) = z_0$. В момент часу t абстрактна система сприймає вхідні дані $x(t) \in X$, встановлює вихідні дані $y(t) \in Y$, $y(t) = \psi[z(t), x(t)]$ і переходить з стану $z(t) \in Z$ в стан $z(t+1) \in Z$, $z(t+1) = \varphi[z(t), x(t)]$.

Аналіз отриманих наукових результатів

Виходячи з вищесказаного: СЕК першого роду визначається такими рівняннями:

$$z(t+1) = \varphi[z(t), x(t)], t = 0, 1, 2, \dots; \quad (1)$$

$$y(t) = \psi[z(t), x(t)], t = 0, 1, 2, \dots; \quad (2)$$

де $x(t)$ – вхідні дані в момент часу t; $z(t)$ – стан СЕК в момент часу t; φ – функція переходу системи в наступний стан $z(t+1)$; ψ – функція формування вихідних даних в момент часу t; $y(t)$ – вихідні дані в момент часу t при вхідних даних $x(t)$. Для СЕК другого роду:

$$z(t+1) = \varphi[z(t), x(t)], t = 0, 1, 2, \dots; \quad (3)$$

$$y(t) = \psi[z(t), x(t-1)], t = 0, 1, 2, \dots; \quad (4)$$

тут $x(t)$ – вхідні дані в момент часу t; $z(t)$ – стан СЕК в момент часу t; φ – функція переходу системи в наступний стан $z(t+1)$; ψ – функція формування вихідних даних в момент часу t; $y(t)$ – вихідні дані в момент часу t при вхідних даних $x(t-1)$. Системи другого роду, для яких

$$y(t) = \psi[z(t)], t = 0, 1, 2, \dots, \quad (5)$$

тобто функція вихідних даних не залежить від вхідної змінної $x(t)$, є прикладом інформаційної системи ЕМ (наперед визначена ціна товару/послуги, знижки, а від клієнта залежить лише право вибору товару, відмова від послуг даного ЕМ). СЕК без пам'яті мають лише один стан, інші СЕК називаються системами з пам'яттю. Робота СЕК без пам'яті (комбінаційні або логічні схеми) полягає у відповідності кожним потокам вхідних даних однієї вихідної інформації:

$$y(t) = \psi[x(t)], t = 0, 1, 2, \dots \quad (6)$$

Така функція є *булевою* (алфавіти X і Y складаються з двох букв). Приклад: електронний аукціон, робота якого повністю залежить від вхідних даних користувачів (вибір аукціону, товару, ставки), а вихідна інформація полягає у відповіді на питання, чи проданий даний

товар, і якщо проданий, то кому саме. Скінченні процеси СЕК діляться на синхронні і асинхронні. Синхронні - зчитування вхідної інформації та всі зміни відбуваються в певні моменти часу, які визначаються зовнішнім джерелом синхронізації (продаж товару в ЕМ проходить в реальному часі). Асинхронні процеси системи зчитують вхідні дані постійно, переходячи з одного стану в інший, декілька разів міняються вихідні дані, поки не перейдуть в стійкий стан (система електронного аукціону зчитує вхідні дані постійно і переходячи з одного стану в інший поступово переходить в стійкий стан продажу товару певному клієнту згідно з умовами аукціону). Опис скінченних процесів системи (завдання всіх елементів множини $F = \langle Z, X, Y, \varphi, \psi, z_0 \rangle$) найчастіше здійснюється табличним, графічним або матричним способом [4,8,9].

Найпростіший спосіб – табличний, що ґрунтується на використанні таблиць переходів і виходів, рядки яких відповідають вхідним даним системи, а стовпці - його станам. Перший зліва стовпець відповідає початковому стану z_0 . На перетині i -го рядка та k -го стовпця таблиці переходів знаходиться відповідне значення функції переходів $\varphi(z_k, x_i)$, а в таблиці виходів – відповідне значення функції виходів $\psi(z_k, x_i)$ [1-4].

Функція переходів інформаційної системи ЕМ та функція її виходів наведені в табл. 4, 5 відповідно.

Таблиця 4

	z_0	z_1	...	z_K
x_1	$\varphi(z_0, x_1)$	$\varphi(z_1, x_1)$	...	$\varphi(z_K, x_1)$
x_2	$\varphi(z_0, x_2)$	$\varphi(z_1, x_2)$	...	$\varphi(z_K, x_2)$
...
x_I	$\varphi(z_0, x_I)$	$\varphi(z_1, x_I)$	...	$\varphi(z_K, x_I)$

Таблиця 5

	z_0	z_1	...	z_K
x_1	$\psi(z_0, x_1)$	$\psi(z_1, x_1)$	...	$\psi(z_K, x_1)$
x_2	$\psi(z_0, x_2)$	$\psi(z_1, x_2)$	...	$\psi(z_K, x_2)$
...
x_I	$\psi(z_0, x_I)$	$\psi(z_1, x_I)$	...	$\psi(z_K, x_I)$

Для F-системи електронного аукціону обидві таблиці можна сумістити, отримавши так звану відмічену таблицю процесів, в якій над кожним станом z_k системи стоять відповідні вихідні дані $\psi(z_i)$ [1-4,8,9] (табл.6).

Таблиця 6

	$\psi(z_0)$	$\psi(z_1)$	...	$\psi(z_K)$
	z_0	z_1		z_K
x_1	$\varphi(z_0, x_1)$	$\varphi(z_1, x_1)$	...	$\varphi(z_K, x_1)$
x_2	$\varphi(z_0, x_2)$	$\varphi(z_1, x_2)$	...	$\varphi(z_K, x_2)$
...
x_I	$\varphi(z_0, x_I)$	$\varphi(z_1, x_I)$	...	$\varphi(z_K, x_I)$

Приклад табличного завдання F-системи EM F_1 з трьома станами, двома вхідними і двома вихідними потоками даних подано в табл. 7, а F-систему електронного аукціону F_2 з п'ятьма станами, двома вхідними потоками даних і трьома вихідними – в табл. 8 [1-4,9].

Таблиця 7

	Z_0	Z_1	Z_2
Переходи			
X_1	Z_2	Z_0	Z_0
X_2	Z_0	Z_2	Z_1
Виходи			
X_1	Y_1	Y_1	Y_2
X_2	Y_1	Y_2	Y_1

В табл. 7: x_1 – замовлення товарів, x_2 – оплата за товари, z_0 – початок формування кошика, z_1 – кінець формування кошика, z_2 – формування рахунку, y_1 – підтвердження замовлення, y_2 – підтвердження оплати.

Таблиця 8

	Y_1	Y_1	Y_3	Y_2	Y_3
	Z_0	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
X_1	Z_1	Z_4	Z_4	Z_2	Z_2
X_2	Z_3	Z_1	Z_1	Z_0	Z_0

В табл. 8: x_1 – реєстрація в аукціоні, x_2 – зроблена ставка, z_0 – формування спеціального коду, z_1 – надання реєстрації, z_2 – формування/продовження списку гравців, z_3 – початок/продовження аукціону, z_4 – кінець аукціону, y_1 – спеціальний код для реєстрації, y_2 – підтвердження реєстрації, y_3 – результат проведеного аукціону.

При графічному способі опису F-системи використовується поняття направлено графа СЕК - це набір вершин, які відповідають певним станам, і дуг, що з'єднують ці вершини і відповідають переходам (процесам) з одного стану в інший. Якщо вхідний потік даних x_k викликає перехід (процес) системи з стану z_i в стан z_j , то на графі системи дуга, що виходить з вершини z_i і входить у вершину z_j , позначається x_k . Для системи EM на цій же дузі позначається вихідний потік даних. Для системи електронного аукціону вихідний сигнал позначається над вершиною. Приклади опису згаданих вище систем F_1 і F_2 за допомогою графів подано на рис. 3 [4,9].

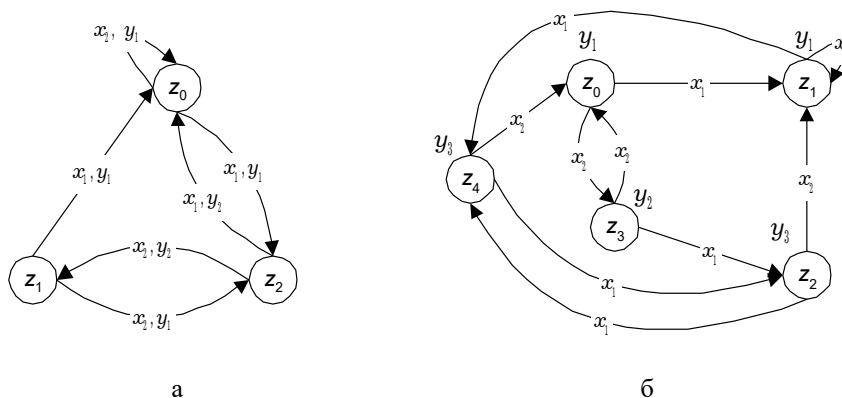


Рис. 3. Графи систем EM (а) та електронного аукціону (б)

Математично найзручнішою є матрична форма опису скінченної множини процесів СЕК. Матриця з'єднань СЕК – квадратна матриця $C = \|c_{ij}\|$, рядки якої відповідають вихідним потокам даних, а стовпці – станам переходу (процесів). Для системи ЕМ елемент $c_{ij} = x_k / y_s$, що стоїть на перетині і-го рядка та j-го стовпця, відповідає вхідному потоку даних x_k , який викликає перехід (процес) з стану z_i в стан z_j , і вихідному потоку даних y_s , що видається при цьому переході. Для розглянутої вище системи F_1 матриця з'єднань матиме вигляд:

$$C_1 = \begin{vmatrix} x_2 / y_1 & - & x_1 / y_1 \\ x_1 / y_1 & - & x_2 / y_2 \\ x_1 / y_2 & x_2 / y_1 & - \end{vmatrix}.$$

Якщо перехід (процес) з стану z_i в стан z_j відбувається під дією декількох потоків даних, то елемент матриці c_{ij} є множиною пар “вхід-вихід” для цього переходу, з'єднаних знаком диз'юнкції. Для F-системи електронного аукціону елемент c_{ij} дорівнює множині вхідних потоків даних при переході (z_i, z_j) , а вихід описується вектором вихідних потоків даних:

$$\bar{y} = \begin{vmatrix} \psi(z_0) \\ \psi(z_1) \\ \dots \\ \psi(z_k) \end{vmatrix},$$

i-та компонента якого – вихідний потік даних, що відповідає стану z_i .

Розглянута вище система F_2 - матриця з'єднань і вектор виходів запишеться таким чином:

$$C_2 = \begin{vmatrix} - & x_1 & - & x_2 & - \\ - & x_2 & - & - & x_1 \\ - & x_2 & - & - & x_1 \\ x_2 & - & x_1 & - & - \\ x_2 & - & x_1 & - & - \end{vmatrix}; \quad \bar{y} = \begin{vmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_2 \\ y_3 \end{vmatrix}.$$

Для F-систем вводиться поняття стійкого стану. Стан z_k називається *стійким*, якщо для будь-якого вхідного сигналу $x_i \in X$ при $\varphi(z_k, x_i) = z_k$ виконується умова $\psi(z_k, x_i) = y_k$. Процеси F-системи називаються *асинхронними*, якщо кожен його стан $z_k \in Z$ є стійким. Приклад графічного представлення асинхронної системи електронного аукціону подано на рис. 4.

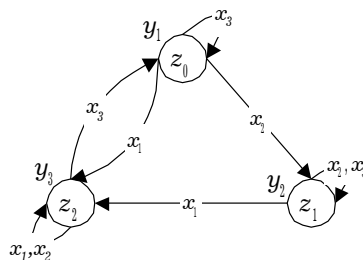


Рис. 4. Граф асинхронної системи електронного аукціону

На практиці процеси СЕК завжди є асинхронними, а стійкість їх станів досягається різними способами, наприклад введенням потоків/процесів синхронізації. На рівні абстрактної моделі легше оперувати синхронними скінченими процесами СЕК.

Висновки і перспективи подальших наукових розвідок

У даній роботі авторами розглянутий розвиток ЕТ в Україні, недоліки, переваги, сервіси, системи захисту і платежів через ІМ. Ключовою частиною статті є розроблення методів визначення ефективності СЕК та запропонована математична модель інформаційної СЕК.

Список літератури: 1. *Берега А.М.* Електронна комерція. Київ : КНЕУ, 2002. 2. *Галицин В.К., Левченко Ф.А.* Багатокористувальницькі обчислювальні системи та мережі. Київ: КНЕУ, 1997. 3. *Джерк Н.* Разработка приложений для электронной коммерции. Санкт-Петербург: Питер, 2001. 4. *Катренко А.В.* Системний аналіз об'єктів та процесів комп'ютеризації. Львів: "Новий світ - 2000", 2003. С. 286-322. 5. *Катренко А.В.* Системні аспекти розвитку архітектури підприємства// Вісник НУ "Львівська політехніка". Інформаційні системи та мережі. 2002. №464. С. 123-131. 6. *Козьє Девид.* Електронна комерція. М.: Русская Редакция, 1999. 7. *Крупник А.* Бизнес в интернет. М.: Микроарт, 2002. 8. *Питерсон Дж.* Теория сетей Петри и моделирование систем. М.: Мир, 1984. 9. *Советов Б.Я. Яковлев С.А.* Моделирование систем. М.: ВШ, 1985. 10. *Успенский И.* Энциклопедия Интернет-бизнеса. Санкт-Петербург: Питер, 2001. 11. *Холмогоров В.* Интернет – маркетинг. Санкт-Петербург: Питер, 2001. 12. *Эймор Дэниел.* Электронный бизнес. Эволюция и/или революция. М.: Вильямс, 1999. 13. *Берко А.Ю., Висоцька В.А., Чирун Л.В.* Алгоритми опрацювання інформаційних ресурсів в системах електронної комерції // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Інформаційні системи та мережі. 2004. № 519. С.10-20. 14. *Берко А.Ю., Висоцька В.А.* Проектування навігаційного графа web-сторінок бази даних систем електронної комерції // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Комп'ютерні науки та інформаційні технології. 2004. № 521. С.48-57.

Надійшла до редколегії 15.02.2007

Берко Андрій Юліанович, канд. техн. наук, докторант, доцент НУ "Львівська політехніка", кафедра "Інформаційні системи та мережі". Наукові уподобання: організація баз даних та знань, технології сховищ даних, моделювання систем електронного бізнесу. Захоплення: англійська мова, анекдоти. Адреса: Україна, 79000, Львів, вул. Ст. Бандери, 12, тел. 39-825-38.

Висоцька Вікторія Анатоліївна, аспірант, асистент НУ "Львівська політехніка", кафедра "Інформаційні системи та мережі". Наукові уподобання: аналіз, класифікація, проектування та моделювання систем електронної комерції; організація баз даних та знань в системах електронної комерції; моделювання систем електронної контент-комерції; застосування технологій сховищ даних, OLAP технологій та WebOLTP-технологій в системах електронної комерції. Захоплення: фотографування та відеозйомки, англійська та німецька мови, туризм та мандрівка. Адреса: Україна, 79000, Львів, вул. Ст. Бандери, 12, тел. 39-825-38.

УДК 839.4:03

В.О. ПОВГОРОДНИЙ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ С УЧЕТОМ ТЕМПЕРАТУРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Определяются температурные воздействия для платы с размещенными на них электронными радиотехническими элементами (ЕРЕ), исходя из решения задачи теплопроводности и термоустойчивости. Температурные воздействия определяются с помощью аналоговой зависимости и численного комплекса программ ANSYS для прямоугольной пластины. Результаты расчетов необходимы для выбора системы охлаждения. Такие платы с ЕРЕ и жидкой системой охлаждения используются в бортовой радиоэлектронной аппаратуре отечественных самолетов.

1. Введение

Проектирование объектов радиоэлектронной аппаратуры заключается в том, что опытный конструктор представляет теплофизические процессы, которые будут происходить в новой аппаратуре, а также ее конструкцию-носитель элементов электрической схемы. Он обладает навыками прогнозирования способов установки и крепления электрорадиоэлементов (ЭРЭ) на платах, металлических основаниях, силовой части конструкции, зная

которые, можно составить более достоверную тепловую модель будущей аппаратуры. Другими словами, конструктор параллельно с разработчиком электрической схемы может приступить к оценке массогабаритных характеристик сначала составных частей, а затем, сложив эти части, и аппаратуры в целом с учетом такого важного фактора, как обеспечение требуемого теплового режима всех входящих в электрическую схему покупных ЭРЭ.

Одной из *главных целей настоящей работы* является поиск путей сокращения сроков разработки бортовой аппаратуры посредством проведения теплового анализа электрических схем на этапах технических предложений и эскизного проектирования, когда конструкция аппаратуры еще не приобрела свои реальные размеры и форму. Уже на этих этапах необходимо прогнозировать перегревы как наиболее теплонапряженных, так и других ЭРЭ. Это позволит своевременно выбрать схему построения системы обеспечения теплового режима разрабатываемой аппаратуры в целом и заранее с учетом других важных факторов определить размеры и массу конструкции в соответствии с техническим заданием (ТЗ).

Такой подход к созданию аппаратуры соответствует принятому порядку выполнения опытно-конструкторских работ, однако во многом не отвечает построению блочно-иерархического принципа поэтапного моделирования, предписывающего рассматривать тепловой режим аппаратуры с постепенно нарастающей степенью детализации от самых крупных тел (комплексов, блоков и т.д.) до отдельных элементов электрических схем [1, с.30-33].

Эскизное проектирование, когда электрическая схема будущей аппаратуры уже приобретает реальный вид, необходимо проводить ее тепловой анализ, хотя масса и размеры будущей аппаратуры еще не определены, а будут известны только после синтеза всех составных частей (узлов) электрической схемы аппаратуры, которые складываются сначала из ЭРЭ с традиционными или новыми элементами крепления и установки, в том числе и на теплоотводы и силовые части конструкции. Поэтому здесь на первый план выходят детальные расчеты электрической схемы, так как наиболее тепловыделяющие ЭРЭ и уровень трансформации плотностей тепловых потоков и относительных перегревов будут определять необходимые уровни интенсивности теплообмена ЭРЭ с остальными частями конструкции и в конечном счете скажутся на выборе рациональной системы обеспечения теплового режима аппаратуры. Все эти вопросы должны решаться внутри этапов технических предложений и эскизного проектирования. На последующих этапах будут только исправляться допущенные ошибки и совершенствоваться те принципы, которые были реализованы на ранних стадиях разработки. Что касается расчетов более крупных тел – разрабатываемой аппаратуры в целом, то они осуществляются параллельно по мере поступления уточненных исходных данных, позволяющих проводить новые расчеты, связанные с синтезом или детализацией. В этом состоит *актуальность исследования*, так как данные конструкции работают в сложных тепловых и механических режимах.

2. Объект исследований

Объектом исследований в предлагаемой работе является бортовая радиоэлектронная аппаратура (РЭА), размещаемая в составе изделий ракетно-космической техники. Специфика конструирования такой РЭА имеет свои отличия от других типов аппаратуры. Во-первых, ограничено применение активных СОТР, во-вторых, приходится обеспечивать работоспособность РЭА в жестких условиях эксплуатации, которые имеются на борту летательного аппарата, в-третьих, наиболее рационально обеспечивать соответствующий тепловой режим на борту пассивными средствами, максимально приспособленными к имеющимся на борту СОТР и т.д. Могут быть и такие условия эксплуатации, когда тепловой режим РЭА должен обеспечиваться практически только своими средствами. Кроме того, на космических аппаратах (КА) использование конвективного теплообмена нежелательно из-за дополнительных затрат энергии и массы СОТР. При размещении РЭА в негерметичных отсеках летательных аппаратов (ЛА) выгодно, чтобы аппаратура могла отводить рассеиваемую мощность только излучением с наружных поверхностей. При наличии в составе ЛА охлаждаемых плит конструкция РЭА должна быть построена так, чтобы практически всю рассеиваемую мощность можно было передать в основном за счет кондукции на эти плиты. Поэтому внутри РЭА организация хороших кондуктивных связей от ЭРЭ к стокам тепла является главной задачей. Если они недостаточны, то из

пассивных средств отвода тепла от источников энергии к стокам могут быть эффективными тепловые трубы и тепловые аккумуляторы.

Исходя из этих соображений, можно сформулировать следующий порядок теплового проектирования, который целесообразно соблюдать на самых ранних этапах разработки аппаратуры. Эти этапы включают время от технических предложений до выпуска эскизного проекта, которые заканчиваются разработкой в основном электрических схем аппаратуры и ее составных частей и техническим заданием на разработку конструкторской документации.

Важной составной частью проектирования бортовой радиоэлектронной аппаратуры является задача обеспечения необходимого теплового режима. Радиоэлектронные средства играют сегодня большую роль в различных областях науки и техники, а их отказы способны вывести из строя весьма серьезные системы, эксплуатируемые в очень жестких режимах работы, в том числе и климатических. В последние годы терморегулирование РЭА превращается в одну из наиболее важных областей военной и авиационно-космической техники. Разнообразные условия применения микроэлектронных устройств вызвали необходимость создания печатных плат с высокой плотностью тепловой мощности, требующих минимального технического обслуживания в процессе нормальной эксплуатации (т.е. обладающих высокой надежностью). Широкое внедрение микроэлектронных устройств, кроме того, требует разработки методов оптимизации терморегулирования РЭА.

Общий вид типовой кассетной приборной конструкции системы управления летательными аппаратами (СУЛА) представлен на рис.1.

В настоящее время конструкции РЭА встречаются прямоугольной формы – модуль воздушных параметров (см. рис.1). Он устанавливается на самолетах АН-124 «Руслан», ИЛ-76 и предназначен для измерения основных параметров полета (высоты, истинной и приборной скорости и числа Маха, температуры заборного воздуха).

В блоках с естественной и принудительной вентиляцией нижняя и верхняя стенки кожуха имеют отверстия, обеспечивающие поступление воздуха в зазоры между платами снизу вверх и выход его затем наружу. В последнее время, однако, для блоков с принудительной вентиляцией чаще применяется такая конструкция, когда поток воздуха поступает не снизу, из воздухораспределительного поддона, а сзади. Поддон отсутствует, а труба, подводящая охлаждающий воздух извне к блоку, соединяется уже не с поддоном, а с отверстием в кожухе. При этом масса воздухораспределительных устройств несколько уменьшается. Как показали предварительные исследования, отличительной особенностью теплового режима блоков кассетной конструкции является неравномерность температурных полей как в плоскости плат, так и в направлении, перпендикулярном к платам (при равномерном тепловыделении на них).

Нагретая зона состоит из кассет с платами. В каждую кассету входит одна, две или несколько плат. Общее количество плат в блоке определяется не только габаритными размерами блока, но также и высотой ЭРЭ, устанавливаемых на платах. Платы в блоке

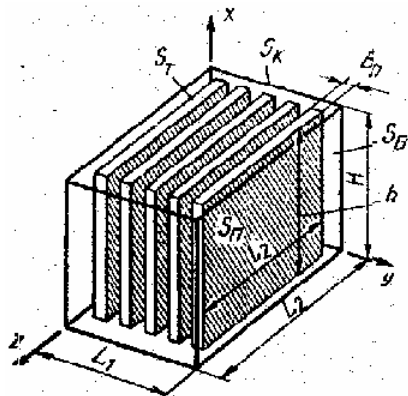


Рис. 1. Тепловая модель блока кассетной конструкции

могут располагаться горизонтально или вертикально, однако преимущества вертикального положения плат (удобство в эксплуатации, устойчивость к механическим перегрузкам, возможность применения естественной вентиляции) заставляют конструкторов чаще останавливаться именно на таком варианте. Нагретая зона каждой платы заполнена теплорассеивающими и нетеплорассеивающими элементами (микросхемами, микросборками, микромодулями или дискретными элементами малого размера). Принимается, что рассеиваемая нагретой зоной мощность распределена равномерно по платам. Электрическое соединение между микросхемами и ЭРЭ осуществляется печатными токопроводниками, нанесенными на плату.

Печатный монтаж может быть односторонний (на одной стороне платы), двухсторонний (на обеих сторо-

нах платы) и многослойный (несколько тонких плат с одно- или двухсторонним печатным монтажом «склеены» в один пакет). Многослойные платы содержат как минимум один сплошной медный слой (толщина 0,07 мм), служащий в качестве шины питания или заземления.

Существующие зазоры между платами необходимо свести к минимуму, что диктуется соображениями сокращения массы и габаритов блока. В современных конструкциях зазор между установленными на плату ЭРЭ и соседней платой не превышает 2–3 мм.

Чаще всего отказ РЭА происходит из-за несоблюдения при их проектировании требований по устойчивости к механическим и тепловым воздействиям. В этой связи большое внимание сегодня уделяется разработке и внедрению методов теплофизического проектирования с учетом температурных напряжений. Сами температурные напряжения возникают в данных конструкциях и вызывают разрушения. Причины этого:

- наличие температурного градиента;
- несвободное тепловое расширение отдельных частей платы или невозможность этого (фиксация платы в направляющих штырях);
- для хрупких материалов (керамика, стекло, гетинакс, чугун) однократное воздействие неравномерного температурного поля.

Исходные данные для моделирования на ЭВМ теплового режима РЭС подготавливаются на основе следующей информации:

- сборочного чертежа или детализовки конструкции РЭА (либо соответствующих эскизов);
- теплофизических параметров материалов, элементов конструкции РЭА и хладоносителей;
- значения тепловых мощностей, рассеиваемых элементами схемы РЭА (приводятся в карте электрических режимов работы ЭРЭ принципиальной схемы анализируемой РЭА);
- температуры окружающей среды;
- параметров охлаждения конструкции (температуры и скорости хладоносителей).

3. Назначение аппаратуры

Данный блок относится к классу бортовой аппаратуры и предназначен для установки на борту самолетов АН-140 и АН-148. Функционально блок предназначен для свертки сигнала принимаемого приемником воздушного давления. Технические требования: условия эксплуатации (температура среды $t=30^{\circ}\text{C}$, давление $p = 1,33$ (104 Па)); механические нагрузки (перегрузки в заданном диапазоне f , Гц |10,30,50,100,500, 1000, | g |5,8,12,20,25,30); удары $u = 50g$; требования по надежности - вероятность безотказной работы $P(0.033)=0.8$. Конструкционные требования: элементная база – микросхемы серии К176 с КМДП логикой; мощность в блоке $P=27$ Вт; масса блока $m = 50$ кг; тип корпуса - корпус по ГОСТ 17045-71; тип амортизатора АД – 15; условия охлаждения - естественная конвекция.

Если проектируемый электронно-вычислительный блок является бортовой аппаратурой, то к нему предъявляются следующие требования: высокая помехозащищенность; малая потребляемая мощность. Наиболее полно этим требованиям удовлетворяют интегральные микросхемы на дополняющих МДП (МОП) структурах – КМДП структуры. Цифровые интегральные схемы на КМДП-транзисторах - наиболее перспективные. Мощность потребления в статическом режиме ЦИС составляет десятки нановатт, быстродействие – более 10 МГц. Среди ЦИС на МДП- транзисторах ЦИС на КМДП-транзисторах обладают наибольшей помехоустойчивостью: 40...45% от напряжения источника питания. Отличительная особенность ЦИС на КМДП-транзисторах – также высокая эффективность использования источника питания: перепад выходного напряжения элемента почти равен напряжению источника питания. Такие ЦИС не чувствительны к изменениям напряжения питания. В элементах на КМДП-транзисторах полярности и уровни входных и выходных напряжений совпадают, что позволяет использовать непосредственные связи между элементами. Кроме того, в статическом режиме их потребляемая мощность практически равна нулю. Таким образом, была выбрана серия микросхем К176. Конкретно были выбраны две микросхемы (К176ЛЕ5 - четыре элемента 2ИЛИ-НЕ, К176ЛА7 - четыре элемента 2И-НЕ).

4. Сущность полученных научных результатов

Что касается Западных комплексов программ ANSYS, MARK, NASTRAN, AUTOMOD, то они применяются для расчета теплового состояния. Однако универсальные продукты при решении конкретных, узкоспециализированных проектировочных расчетов приносят дополнительные сложности — смоделировать разрабатываемую конструкцию либо очень сложно, либо вообще невозможно, поскольку этот процесс приведет к значительному увеличению времени расчета. Расчет температурных напряжений осуществляется с использованием метода конечных элементов (рис.2).

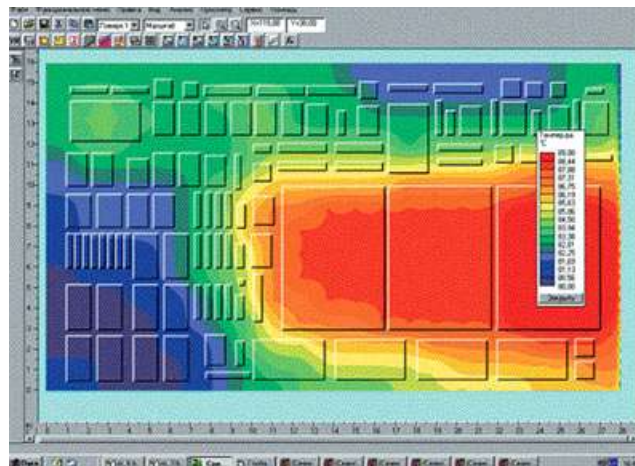


Рис. 2. Температурные изотермы на поверхности платы

Таким образом, при эксплуатации бортовой аппаратуры возникают отказы, которые можно разбить на три группы: разрушение стеклотекстолитовой (гетинаксовой) пластины, разрыв контактной дорожки и нарушение крепления ЭРЭ и его внешних выводов, выпучивание (изгиб) пластины (платы). Все три вида отказов происходят из-за температурных напряжений. Тепловое напряженное состояние таких плат является малоисследованной и в определенном смысле *новой задачей*.

Данный способ охлаждения, основанный на использовании приведенной конструкции (рис.3), инженеры Gigabyte назвали технологией Turbojet. Основные потоки воздуха, порождаемые Turbojet, представлены на рис. 4.

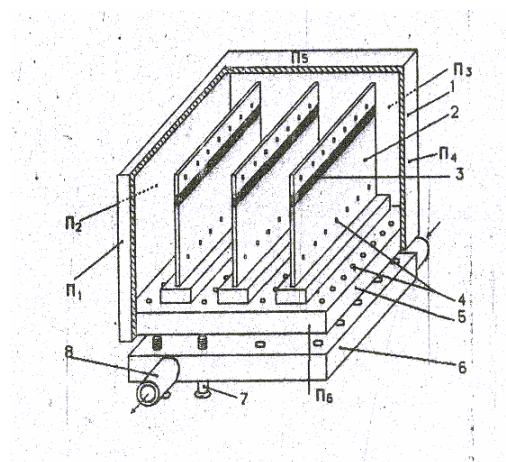


Рис. 3. Жидкостная система охлаждения



Рис. 4. Принудительная система охлаждения

Минимизация температур в элементах печатных плат особенно важна для работы электронных переходов микросхем. В Военном стандарте «Расчет надежности радиоэлектронного оборудования» (MIL-HDBK-217B) сказано, что тепловая надежность микроэлектронных элементов увеличивается на 20% на каждые 5°C снижения температуры перехода (при температуре нагретой зоны около 100°C, характерной для эксплуатации РЭА военных летательных аппаратов). Кроме того, расчеты тепловых режимов должны быть частью процесса проектирования и включаться в проектные сравнения.

5. Выводы

Научная новизна состоит в определении температурных напряжений для конструкций плат с ЭРЭ, от чего зависит выбор системы охлаждения (жидкостная или конвективная). *Практическая значимость результатов* состоит в определении температур и температурных напряжений на поверхности платы в целях предотвращения всех перечисленных выше видов отказов.

Мощный тепловой поток требует использования адекватных средств поддержания необходимых термических режимов эксплуатации. И если в случае с Gigabyte GAG1975XC для охлаждения электронных компонентов достаточно традиционных средств охлаждения, то для решения проблемы высокого теплообразования элементов Gigabyte GA-G1975X, рассчитанных на экстремальные режимы эксплуатации, в дополнение к пассивным средствам инженеры предложили специальную конструкцию, предусматривающую наличие воздухопроводов и специальных турбин. В торцах двух воздухопроводов установлено четыре 40-миллиметровых вентилятора. Образуемые ими мощные потоки воздуха, обтекая элементы VRM, радиаторы процессора и чипсета, а также модулей памяти, уносят значительное количество тепловой энергии от нагретых компонентов. В одном из воздухопроводов расположен северный мост чипсета с радиатором, в другом — часть преобразователя процессорного питания с радиатором на полевых транзисторах.

Список литературы: 1. Парфенов О.Д., Камышина Э.Н., Усачев В.П. Проектирование конструкций радиоэлектронной аппаратуры. М.: Радио и связь, 1989. 185 с. 2. Преснухин Л.Н., В. А. Шахнов В.А. Конструирование электронных вычислительных машин и систем. М.: Высшая школа, 1986. 234 с. 3. Шахнов В.А. Курс лекций. 50 с.

Поступила в редколлегию 20.03.2007

Повгородний Владимир Олегович, канд. техн. наук, докторант Института проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного НАН Украины. Научные интересы: термомеханика и электроника. Хобби: наука и спорт. Адрес: Украина, 61000, Харьков, ул. Пушкинская, 54, кв.45, тел. (раб) 94-27-94.

МЕТОДЫ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ПРИБЛИЖЕНИЙ В ПРИМЕНЕНИИ К КРАЕВЫМ ЗАДАЧАМ ДЛЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

Рассматривается применение различных вариантов метода последовательных приближений к решению краевых задач для нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений. Один из вариантов метода, основанный на использовании методов теории операторных уравнений в полуупорядоченных пространствах, дает возможность строить двусторонние приближения решения. Полученные разными подходами результаты сравниваются.

1. Введение

В современной науке наблюдается большой интерес к процессам, происходящим в нелинейных средах, математическими моделями которых являются нелинейные краевые задачи математической физики. Один из эффективных методов исследования задач математической физики состоит в построении автомодельных (инвариантных) решений уравнений в частных производных. Автомодельность – это особая симметрия физической системы, наличие которой позволяет сократить число независимых переменных в соответствующей системе дифференциальных уравнений. При наличии автомодельных решений задача зачастую сводится к решению краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений.

Такие задачи появляются и при исследовании стационарных решений краевых задач для дифференциальных уравнений в частных производных.

Кроме того, нелинейные краевые задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений возникают и непосредственно как первичные математические модели физических процессов.

2. Постановка задачи

Целью работы является исследование возможности применения различных вариантов метода последовательных приближений к построению решения краевой задачи для нелинейного обыкновенного дифференциального уравнения.

Рассмотрим краевую задачу вида [1]:

$$w''(t) + h(t)f(w(t)) = 0, \quad 0 < t < 1, \quad w(0) = w(1) = 0 \quad (1)$$

при следующих условиях:

- $h(t)$ неотрицательна и непрерывна на $[0, 1]$;
- $f(w)$ неотрицательна, непрерывна, неубывающая и вогнута по переменной w в следующем смысле: при $w > 0$ и $\tau \in (0, 1)$ $f(\tau w) - \tau f(w) > 0$.

Ищем положительные решения $w(t) > 0, 0 < t < 1$, задачи (1).

3. Построение двусторонних приближений

Следуя [2], ставим задаче (1) в соответствие эквивалентное ей интегральное уравнение

$$w(t) = \int_0^1 G(t, s)h(s)f(w(s))ds, \quad (2)$$

где $G(t, s) = \begin{cases} t(1-s), & t \leq s, \\ s(1-t), & t \geq s \end{cases}$ – функция Грина задачи (1) с функцией $h(t) = 0$.

Введем в рассмотрение оператор

$$\Gamma w(t) = \int_0^1 G(t,s)h(s)f(w(s))ds, \quad (3)$$

определенный на конусе K неотрицательных в $C[0,1]$ функций.

Можно показать, что при выполнении на функции $h(t)$ и $f(w)$ условий оператор $\Gamma w(t)$ обладает свойствами:

- оператор Γ монотонен на конусе K , т.е. из $u \leq v$ следует, что $\Gamma u \leq \Gamma v \quad \forall u, v \in K$;
- оператор Γ положителен, т.е. $\Gamma K \subset K$;
- оператор Γ вполне непрерывен на K ;
- оператор Γu_0 -вогнут, т.е. выполняются следующие два условия:

а) для любого ненулевого $u \in K$ справедливы неравенства $\alpha u_0 \leq \Gamma u \leq \beta u_0$, где $\alpha = \alpha(u) > 0$, $\beta = \beta(u) > 0$;

б) каждому такому u , что $\alpha u_0 \leq u \leq \beta u_0$ ($\alpha, \beta > 0$), и каждому $t \in (0,1)$ соответствует такое положительное $\eta = \eta(u,t) > 0$, при котором справедливо неравенство

$$\Gamma(tu) \geq (1+\eta)t\Gamma(u). \text{ В нашем случае } u_0 = \int_0^1 G(t,s)ds = t(1-t)/2 \in K.$$

Пусть возможно построить инвариантный конусный отрезок $\langle v_0, u_0 \rangle \subset K$, т.е. такой, что $\Gamma \langle v_0, u_0 \rangle \subset \langle v_0, u_0 \rangle$.

В этом случае задача (1) имеет единственное решение $w^*(t) \in \langle v_0, u_0 \rangle$, к которому равномерно сходятся последовательные приближения

$$v_{k+1}(t) = \int_0^1 G(t,s)h(s)f(v_k(s))ds, \quad k=1,2,\dots, \quad (4)$$

где $v_1(t) \in \langle v_0, u_0 \rangle$ [2].

Вычислительный эксперимент проводился для двух случаев:

1) $h(t)=1, f(w(t))=w^2(t)+16$;

2) $h(t)=t^2, f(w(t))=w^2(t)+64*2^{\frac{4}{3}}$.

Соответствующими конусными отрезками являются $\langle v_0=0, u_0=4 \rangle$ и $\langle v_0=0, u_0=8*2^{\frac{2}{3}} \rangle$. Применение итерационной схемы (4) дает нам двусторонние приближения $v_0 \leq v_1 \leq \dots \leq v_n \leq \dots \leq w^* \leq \dots \leq u_n \leq \dots \leq u_1 \leq u_0$, графическое и табличное представления которых приведены соответственно на рис.1 и в табл.1 (случай 1) и на рис.2 и в табл.2 (случай 2).

4. Использование обычной схемы метода последовательных приближений

Напомним процедуру обычного метода последовательных приближений [3].

Рассмотрим систему дифференциальных уравнений и начальных или граничных условий в виде

$$Ax = P, \quad (5)$$

где x – совокупность подлежащих определению неизвестных функций. Представим (5) в виде

$$Bx + (A - B)x = P; \quad Bx + Cx = P,$$

где B – некоторый линейный оператор достаточно простого строения, а $C = A - B$.

В качестве первого приближения x_1 к решению задачи принимается решение уравнения

$$Bx = P,$$

причем оператор B выбран так, что это уравнение решается сравнительно легко. Если это решение подставить в исходное уравнение, то разностью между правой и левой частями уравнения будет $\Delta_2 = P - Bx_1 - Cx_1$.

Для устранения неуравновешенности Δ_2 поправку δ_2 к первому приближению определяют из уравнений $B\delta_2 = \Delta_2$, и в качестве второго приближения к истинному решению принимают $x_2 = x_1 + \delta_2$.

Аналогичным образом определяются «неуравновешенность второго приближения», новая поправка к решению и т.д.

Применение этой процедуры к задаче (1) позволило свести ее к последовательности краевых задач

$$\begin{aligned} -w^{(1)''} &= 1, \quad w^{(1)}(0) = w^{(1)}(1) = 0; \\ -w^{(2)''} &= h(t)f(w^{(1)}), \quad w^{(2)}(0) = w^{(2)}(1) = 0; \\ &\dots\dots\dots \\ -w^{(m)''} &= h(t)f(w^{(m-1)}), \quad w^{(m)}(0) = w^{(m)}(1) = 0. \end{aligned}$$

Каждую задачу полученной последовательности решаем с помощью метода Рунге, согласно которому решение ищем в виде

$$w_n^{(m)}(t) = \sum_{j=1}^n a_j \varphi_j(t),$$

где a_j , $j = 1, \dots, n$, - неизвестные коэффициенты, а $\{\varphi_j\}_{j=1}^n$ - координатная последовательность. В данном эксперименте координатные функции, которые формируют координатную последовательность, взяли в виде:

$$\varphi_j = \text{Sin} \left[\frac{j\pi t}{1} \right], \quad j = 1, \dots, n.$$

Соответствующие результаты при $n = 8$ приведены на рис.1 и рис.2, а также в табл.1 и в табл.2, на которых они помечены w_p .

Сравним результаты, полученные обоими методами.

1) $h(t)=1$, $f(w(t))=w^2(t)+16$, получаем соответственно графическое и табличное представления:

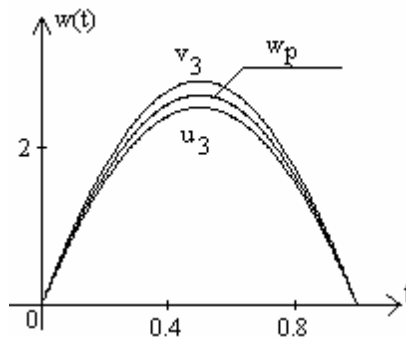


Рис. 1. Приближения к решению

Таблица 1

t	u ₄	v ₄	u ₇	v ₇	w _p
0.1	0.891504	0.912272	0.89657	0.900987	0.896927
0.2	1.61437	1.65499	1.61977	1.63292	1.62429
0.3	2.15149	2.20905	2.1623	2.1777	2.16554
0.4	2.48364	2.55273	2.49424	2.51518	2.5005
0.5	2.59617	2.6637	2.60943	2.62959	2.61403
0.6	2.48364	2.55273	2.49424	2.51518	2.5005
0.7	2.15149	2.20905	2.1623	2.1777	2.16554
0.8	1.61437	1.65499	1.61977	1.63292	1.62429
0.9	0.891504	0.912272	0.896927	0.900987	0.89657

2) $h(t)=t^2$, $f(w(t))=w^2(t)+64*2^3$, получаем соответственно графическое и табличное представления:

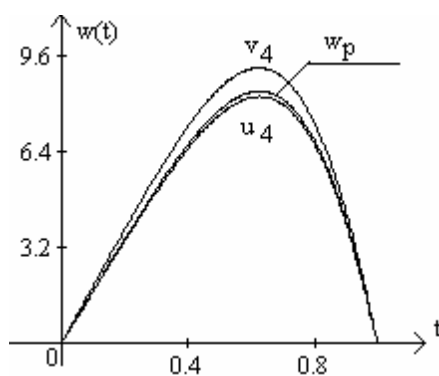


Рис.2. Приближения к решению

Таблица 2

t	u ₄	v ₄	u ₇	v ₇	w _p
0.1	1.71565	1.90664	1.74784	1.76939	1.75076
0.2	3.41192	3.7936	3.47624	3.5193	3.48206
0.3	5.03547	5.60507	5.13146	5.19572	5.14701
0.4	6.48738	7.23266	6.61297	6.69705	6.62435
0.5	7.61187	8.49805	7.7612	7.86116	7.77472
0.6	8.19124	9.14472	8.35192	8.45947	8.36648
0.7	7.95996	8.86082	8.11182	8.21343	8.12557
0.8	6.64817	7.34937	6.76645	6.84554	6.77716
0.9	4.04203	4.41989	4.10582	4.14845	4.11159

Как видно из рис. 1, 2 и табл. 1, 2, полученные обоими вариантами метода последовательных приближений результаты достаточно хорошо согласуются, а именно, w_p попадает в вилку, ограниченную соответствующими v_k и u_k . Однако построить инвариантный конусный отрезок (а именно с ним связана возможность построения двусторонних приближений) – задача, не всегда выполнимая.

Проблема, связанная с нахождением решения задачи (1), является актуальной, так как при рассмотрении многих физических процессов приходят к подобной задаче.

Выводы

Научная новизна и практическая значимость. Мы показали, что использование обычного варианта метода последовательных приближений дает возможность построить достаточно хорошее приближение к точному решению, и этот вариант может быть успешно использован, когда не удастся построить конусный отрезок. Однако считаем, что возможности построить итерационный процесс следует отдавать предпочтение, так как в этом случае исследователь может следить за точностью приближенного решения.

Список литературы: 1. *Yao Qingliu.* Iteration of positive solution for a second-order ordinary differential equations with change of sign. *Ann. Of Deff. Eqs.* 18:4(2002).410-416p. 2. *Красносельский М.Н.* Положительные решения операторных уравнений. М.: Наука, 1962. 201с. 3. *Смирский И.В.* Методы типов Бубнова-Галеркина и последовательных приближений. М.: Наука, 1968. 199 с.

Поступила в редколлегию 17.02.2007

Колосова Светлана Васильевна, канд. физ.-мат. наук, доцент, профессор кафедры ПМ ХНУРЭ. Научные интересы: методы решения нелинейных и линейных краевых задач. Увлечения и хобби: искусство и литература. Адрес: Украина, 61099, Харьков, пр. Московский, 254-а, кв. 28, дом. тел. 94-81-42, раб. тел. 70-21-436.

Добринская Александра Геннадиевна, студентка гр. ПМс-06-1 факультета ПММ ХНУРЭ. Научные интересы: методы решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений. Увлечения и хобби: театр и спорт. Адрес: Украина, 61146, Харьков, ул. Ак. Павлова, 140, кв. 330, дом. тел. 68-48-32.

УДК 681.32:519.713

Г.Ф. КРИВУЛЯ, ХАБИС А.А. ЗИДАТ

АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОДУКЦИОННЫХ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ ДИАГНОСТИКИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИНАРНЫХ ОТНОШЕНИЙ

Рассматривается процесс анализа и оптимизации продукционных экспертных систем, способных поставить диагноз любому гипотетически возможному состоянию компьютерной техники. Показывается, что для этой цели можно использовать бинарные отношения, заданные на множестве состояний объекта диагностирования. Эффективность предлагаемого подхода доказывается формально.

1. Актуальность исследования

Технические методы диагностики компьютерных систем и сетей могут успешно применяться только тогда, когда удастся построить формальную модель составных частей компьютерной системы или сети [1]. Однако в процессе диагностики часто приходится прибегать к услугам экспертов, знающих те или иные трудно формализуемые особенности компьютерных систем и сетей [2-4]. Для сохранения и использования знаний экспертов в процессе диагностики эффективным является применение экспертных систем, которые способны быстро диагностировать любое состояние компьютерной системы или сети [5]. Центральным вопросом построения экспертных систем является выбор формы представления знаний – способа формального выражения знаний о предметной области [6-8]. Форма представления знаний оказывает существенное влияние на характеристики и свойства экспертной системы, поэтому представление знаний – одна из наиболее важных проблем, характерных для экспертных систем [9-11]. Следовательно, актуальным является дальнейшее развитие методов диагностики компьютерных систем и сетей, направленное на повышение эффективности процесса диагностирования путем усовершенствования способов представления знаний экспертов в экспертных системах реального времени и их аппаратной реализации [12-15].

2. Цель работы и постановка задачи

Целью данной работы является развитие методов диагностики компьютерных систем и сетей, направленное на повышение эффективности процесса диагностирования путем усовершенствования способов представления знаний экспертов в экспертных системах реального времени. Для достижения сформулированной цели необходимо, в частности, разработать метод анализа продукционных экспертных систем на способность постановки диагноза любому состоянию компьютерной системы или сети.

3. Решение задачи

Пусть компьютерная система S характеризуется множеством $A = \{a_n\}_{n=1}^N$ параметров, где a_n – n -й параметр системы S , N – количество параметров системы S . Обозначим через $a_n = \{a_{n,m}\}_{m=1}^{M(n)}$ множество значений параметра a_n системы S , где $a_{n,m}$ – m -е значение n -го параметра системы S , $M(n)$ – количество значений n -го параметра системы S .

Пусть $D = \{d_k\}_{k=0}^K$ – множество диагнозов, которые могут быть поставлены системе S , где d_k – k -й диагноз, который можно поставить системе S , d_0 – «система S исправна», d_k – «у системы S неисправность k -го типа» ($k = \overline{1, K}$), K – количество неисправностей системы S .

Пусть база знаний продукционной экспертной системы реального времени, способной поставить диагноз любому состоянию системы S , состоит из следующего множества $P = \{p_q\}_{q=1}^Q$ продукций, где p_q – q -я продукция, Q – количество продукций.

Для анализа этого множества p продукций эксперту, знания которого зафиксированы в базе знаний, можно задать следующие вопросы: какое значение параметра a_n более характерно для диагноза d_k ($n = \overline{1, N}$; $k = \overline{1, K}$).

Пусть эксперт-диагност ответил, что значение $a_{n,i}$ параметра a_n более характерно для диагноза d_k , чем $a_{n,j}$ ($n = \overline{1, N}$; $k = \overline{1, K}$; $i, j = \overline{1, M(n)}$; $i \neq j$). Обозначим это через $a_{n,i} >^k a_{n,j}$. Ответы на эти вопросы позволяют построить бинарное отношение характерности значений параметра a_n для диагноза d_k :

$$r_{n,k} = \{(a_{n,i}; a_{n,j}) \mid a_{n,i} >^k a_{n,j}; n = \overline{1, N}; k = \overline{1, K}\}.$$

Декартово произведение $C = a_1 \times a_2 \times \dots \times a_n \times \dots \times a_N$ множеств значений параметров компьютерной системы S представляет собой множество всех гипотетически возможных ее состояний. Таким образом, состояние системы S характеризуется вектором $c = (c_1, \dots, c_n, \dots, c_N)$, где $c_n \in a_n$.

На основе отношений $r_{n,k}$ ($n = \overline{1, N}$) можно построить бинарное отношение характерности всех гипотетически возможных состояний компьютерной системы S для диагноза d_k :

$$r_k = \{(c^1; c^2) \mid \forall n = \overline{1, N} \Rightarrow c_n^1 \geq c_n^2; \exists n_0 = \overline{1, N} : c_{n_0}^1 >^k c_{n_0}^2\}.$$

Чтобы произвести анализ базы знаний, каждому состоянию $c^i \in C$ ставится в соответствие множество V_i^+ – номеров диагнозов, которые могут быть поставлены состоянию c^i , и множество V_i^- номеров диагнозов, которые не могут быть поставлены состоянию c^i ($V_i^+, V_i^- \subset \{1, 2, \dots, K\}$; $V_i^+ \cap V_i^- = \emptyset$).

До начала анализа для любого состояния $c^i \in C$ будет $V_i^+ = V_i^- = \emptyset$. Состояние c^i считается полностью проанализированным, если $V_i^+ \cup V_i^- = \{1, 2, \dots, K\}$. Множество полностью проанализированных состояний обозначим через C_0 . Процесс анализа заканчивается, когда $C_0 = C$.

Если состоянию $c^i \in C$ будет поставлен диагноз d_k , то и более характерным для диагноза d_k состояниям из множества $W_{i,k}^+ = \{c^j \in C \mid (c^j; c^i) \in r_k; k \notin V_j^+\}$ также должен быть поставлен диагноз d_k . Аналогично, если состоянию $c^i \in C$ не будет поставлен диагноз d_k , то и менее характерным для диагноза d_k состояниям из множества $W_{i,k}^- = \{c^j \in C \mid (c^i; c^j) \in r_k; k \notin V_j^-\}$ также не должен быть поставлен диагноз d_k . Информативностью состояния $c^i \in C$ относительно диагноза d_k называется число $f_{i,k} = \min\{|W_{i,k}^+|, |W_{i,k}^-|\}$. Информативностью состояния $c^i \in C$ называется число $f_i = \sum_{k=1}^K f_{i,k}$ [5].

Пусть $f_{i_0} = \max_{c^i \in C \setminus C_0} f_i$. Тогда самым информативным будет состояние $c^{i_0} \in C$. Пусть $P_{i_0,k}$ – множество продукций, с помощью которых состоянию c^{i_0} ставится диагноз d_k ($k = \overline{1, K}$).

Лемма 1. Любому состоянию из множества $W_{i_0,k}^+$ диагноз d_k можно поставить, используя только множество продукций $P_{i_0,k}$ и отношение r_k ($k = \overline{1, K}$).

Доказательство. Рассмотрим произвольное состояние $c \in W_{i_0,k}^+$. Используя отношение $(c; c^{i_0}) \in r_k$, перейдем к менее характерному состоянию c^{i_0} . Состоянию c^{i_0} можно поставить диагноз d_k , используя только множество продукций $P_{i_0,k}$, что и требовалось доказать.

Таким образом, для каждого состояния $c^j \in W_{i_0,k}^+$ к его множеству V_j^+ добавляется элемент k .

Лемма 2. Любому состоянию из множества $W_{i_0,k}^-$ ($k \in V_{i_0}^-$) не должен быть поставлен диагноз d_k . Для получения этого результата достаточно использовать только отношение r_k .

Доказательство. Рассмотрим произвольное состояние $c \in W_{i_0,k}^-$ ($k \in V_{i_0}^-$). Используя отношение $(c^{i_0}; c) \in r_k$, перейдем к более характерному состоянию c^{i_0} . Состоянию c^{i_0} нельзя поставить диагноз d_k , что и требовалось доказать.

Таким образом, для каждого состояния $c^j \in W_{i_0,k}^-$ к его множеству V_j^- добавляется элемент k .

Далее необходимо найти следующее самое информативное состояние $c^{i_1} \in C$, для каждого состояния $c^j \in W_{i_1,k}^+$ к множеству V_j^+ добавить элемент k и для каждого состояния $c^j \in W_{i_1,k}^-$ к множеству V_j^- добавить элемент k .

Этот процесс будет повторяться, пока $C_0 \neq C$. Процесс заканчивается, когда $C_0 = C$.

Рассмотрим полученную последовательность $C_U = (c^{i_0}, c^{i_1}, \dots, c^{i_u}, \dots, c^{i_U})$ самых информативных состояний. Рассмотрим множество продукций $P_{\min} = \bigcup_{u=0}^U \bigcup_{k \in V_{i_u}^+} P_{i_u, k}$ ($P_{\min} \subset P$) и

множество отношений $R = \{r_k\}_{k=1}^K$.

Теорема. Любому состоянию из множества C диагноз из множества D можно поставить, используя только множества P_{\min} и R .

Доказательство. Рассмотрим произвольное состояние $c^j \in C$. Если $c^j \in C_U$, то этому состоянию можно поставить диагноз d_k , используя только множество продукций $P_{j, k}$ (при $k \in V_j^+$), и не должен быть поставлен диагноз d_k при $k \in V_j^-$.

Теперь рассмотрим состояние $c^j \notin C_U$ и произвольный диагноз d_k . Если существует такое состояние $c^{i_u} \in C_U$, что $c^j \in W_{i_u, k}^+$, то, согласно лемме 1, состоянию c^j диагноз d_k можно поставить, используя только множество продукций $P_{i_u, k}$ и отношение r_k . Если существует такое состояние $c^{i_u} \in C_U$, что $c^j \in W_{i_u, k}^-$, то, согласно лемме 2, состоянию c^j не должен быть поставлен диагноз d_k , и для получения этого результата достаточно использовать только отношение r_k , что и требовалось доказать.

4. Пример

Пусть компьютерная система S характеризуется тремя параметрами a , b и c . Параметр a может принимать три значения: a_1, a_2, a_3 . Параметр b может принимать три значения: b_1, b_2, b_3 . Параметр c может принимать два значения: c_1, c_2 . Пусть множество D значений диагноза, который может быть поставлен системе S , состоит из трех элементов:

d_0 – система S исправна;

d_1 – у системы S неисправность одного типа;

d_2 – у системы S неисправность другого типа.

База знаний продукционной экспертной системы реального времени, способная поставить диагноз любому состоянию системы S , может состоять из следующего множества R продукций:

p_1 – «Если $a = a_1, b = b_1$ и $c = c_1$, то $d = d_1$ »;

p_2 – «Если $a = a_1, b = b_1$ и $c = c_2$, то $d = d_1$ »;

p_3 – «Если $a = a_1, b = b_2$ и $c = c_1$, то $d = d_0$ »;

p_4 – «Если $a = a_1, b = b_2$ и $c = c_2$, то $d = d_0$ »;

p_5 – «Если $a = a_1, b = b_3$ и $c = c_1$, то $d = d_2$ »;

p_6 – «Если $a = a_1, b = b_3$ и $c = c_2$, то $d = d_2$ »;

p_7 – «Если $a = a_2, b = b_1$ и $c = c_1$, то $d = d_1$ »;

p_8 – «Если $a = a_2, b = b_1$ и $c = c_2$, то $d = d_1$ »;

p_9 – «Если $a = a_2, b = b_2$ и $c = c_1$, то $d = d_2$ »;

p_{10} – «Если $a = a_2, b = b_2$ и $c = c_2$, то $d = d_2$ »;

p_{11} – «Если $a = a_2, b = b_3$ и $c = c_1$, то $d = d_2$ »;

p_{12} – «Если $a = a_2, b = b_3$ и $c = c_2$, то $d = d_2$ »;

- p_{13} – «Если $a = a_3, b = b_1$ и $c = c_1$, то $d = d_1$ »;
- p_{14} – «Если $a = a_3, b = b_1$ и $c = c_2$, то $d = d_1$ »;
- p_{15} – «Если $a = a_3, b = b_2$ и $c = c_1$, то $d = d_2$ »;
- p_{16} – «Если $a = a_3, b = b_2$ и $c = c_2$, то $d = d_2$ »;
- p_{17} – «Если $a = a_3, b = b_3$ и $c = c_1$, то $d = d_2$ »;
- p_{18} – «Если $a = a_3, b = b_3$ и $c = c_2$, то $d = d_2$ ».

Для анализа этого множества P продукций эксперту, знания которого зафиксированы в базе знаний, можно задать следующие шесть вопросов:

- какое значение параметра a более характерно для диагноза d_1 ;
- какое значение параметра b более характерно для диагноза d_1 ;
- какое значение параметра c более характерно для диагноза d_1 ;
- какое значение параметра a более характерно для диагноза d_2 ;
- какое значение параметра b более характерно для диагноза d_2 ;
- какое значение параметра c более характерно для диагноза d_2 .

Пусть эксперт-диагност ответил, что:

- значение a_1 параметра a более характерно для диагноза d_1 , чем значение a_2 . Самым нехарактерным значением параметра a для диагноза d_1 является значение a_3 ;
- значение b_1 параметра b более характерно для диагноза d_1 , чем значение b_2 , которое, в свою очередь, более характерно для диагноза d_1 , чем значение b_3 ;
- значение c_1 параметра c более характерно для диагноза d_1 , чем значение c_2 ;
- значение a_3 параметра a более характерно для диагноза d_2 , чем значение a_2 . Самым нехарактерным значением параметра a для диагноза d_2 является значение a_1 ;
- значение b_3 параметра b более характерно для диагноза d_2 , чем значение b_2 , которое, в свою очередь, более характерно для диагноза d_2 , чем значение b_1 ;
- значение c_2 параметра c более характерно для диагноза d_2 , чем значение c_1 .

Эти бинарные отношения $r_{a,1}$ и $r_{a,2}$ характерности значений параметра a для диагнозов d_1 и d_2 соответственно; бинарные отношения $r_{b,1}$ и $r_{b,2}$ характерности значений параметра b для диагнозов d_1 и d_2 соответственно и, наконец, бинарные отношения $r_{c,1}$ и $r_{c,2}$ характерности значений параметра c для диагнозов d_1 и d_2 соответственно можно представить графически так, как показано на рис. 1.

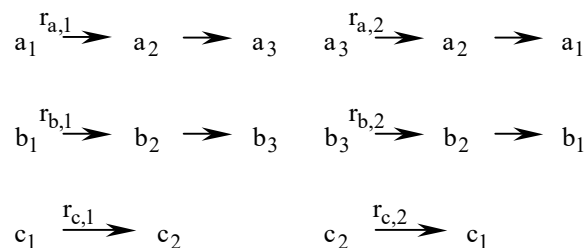


Рис. 1. Характерности значений параметров

На рис. 1 стрелки направлены от более характерных значений параметров a, b и c для диагнозов d_1 и d_2 к менее характерным значениям.

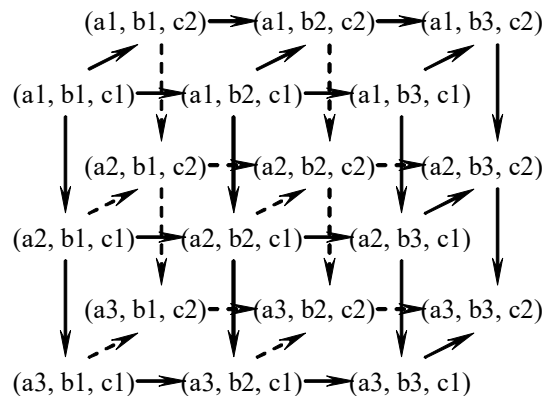


Рис. 2. Характеристики состояний для d_1

Эти ответы эксперта-диагноста позволяют на основе отношений $r_{a,1}$, $r_{b,1}$ и $r_{c,1}$ построить бинарное отношение r_1 характеристики всех гипотетически возможных состояний компьютерной системы S для диагноза d_1 так, как это показано на рис. 2.

Также ответы эксперта-диагноста позволяют на основе отношений $r_{a,2}$, $r_{b,2}$ и $r_{c,2}$ построить бинарное отношение r_2 характеристики всех гипотетически возможных состояний компьютерной системы S для диагноза d_2 так, как это показано на рис. 3.

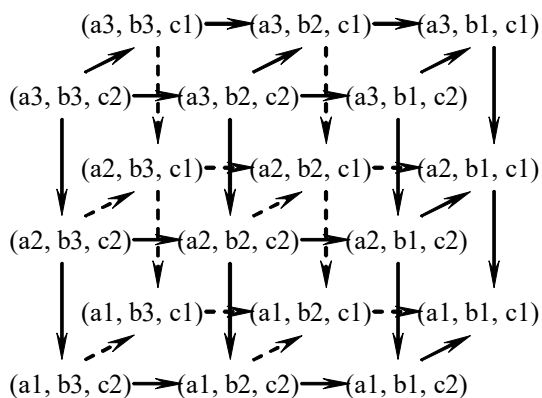


Рис. 3. Характеристики состояний для d_2

Таблица 1. Информативность состояний (шаг 1)

Состояние	Информативность		
	отн. d_1	отн. d_2	сумма
(a_1, b_1, c_1)	0	0	0
(a_1, b_1, c_2)	1	1	2
(a_1, b_2, c_1)	1	1	2
(a_1, b_2, c_2)	3	3	6
(a_1, b_3, c_1)	2	2	4
(a_1, b_3, c_2)	2	2	4
(a_2, b_1, c_1)	1	1	2
(a_2, b_1, c_2)	3	3	6
(a_2, b_2, c_1)	3	3	6
(a_2, b_2, c_2)	3	3	6
(a_2, b_3, c_1)	3	3	6
(a_2, b_3, c_2)	1	1	2
(a_3, b_1, c_1)	2	2	4
(a_3, b_1, c_2)	2	2	4
(a_3, b_2, c_1)	3	3	6
(a_3, b_2, c_2)	1	1	2
(a_3, b_3, c_1)	1	1	2
(a_3, b_3, c_2)	0	0	0

Для анализа базы знаний необходимо предъявить ей для диагностики некоторое состояние компьютерной системы S . Состояния имеют разную степень информативности относительно диагноза – разное количество состояний, косвенно диагностируемых относительно данного диагноза при явном предъявлении состояния.

Например, если состоянию (a_2, b_2, c_1) будет поставлен диагноз d_1 , то и более характерным для диагноза d_1 состояниям (a_1, b_2, c_1) , (a_2, b_1, c_1) и (a_1, b_1, c_1) также должен быть поставлен диагноз d_1 . Аналогично, если состоянию (a_2, b_2, c_1) не будет поставлен диагноз d_1 , то и менее характерным для диагноза d_1 состояниям (a_3, b_2, c_1) , (a_2, b_3, c_1) , (a_3, b_3, c_1) , (a_2, b_2, c_2) , (a_3, b_2, c_2) , (a_2, b_3, c_2) и (a_3, b_3, c_2) также не должен быть поставлен диагноз d_1 .

Таблица 2. Результаты диагностики (a_1, b_2, c_2)

Состояние	Диагноз	
	d_1	d_2
(a_1, b_1, c_1)		нет
(a_1, b_1, c_2)		нет
(a_1, b_2, c_1)		нет
(a_1, b_2, c_2)	нет	нет
(a_1, b_3, c_1)		
(a_1, b_3, c_2)	нет	
(a_2, b_1, c_1)		
(a_2, b_1, c_2)		
(a_2, b_2, c_1)		
(a_2, b_2, c_2)	нет	
(a_2, b_3, c_1)		
(a_2, b_3, c_2)	нет	
(a_3, b_1, c_1)		
(a_3, b_1, c_2)		
(a_3, b_2, c_1)		
(a_3, b_2, c_2)	нет	
(a_3, b_3, c_1)		
(a_3, b_3, c_2)	нет	

Таблица 3. Информативность состояний (шаг 2)

Состояние	Информативность		
	отн. d_1	отн. d_2	сумма
(a_1, b_1, c_1)	0	0	0
(a_1, b_1, c_2)	1	0	1
(a_1, b_2, c_1)	1	0	1
(a_1, b_2, c_2)	0	0	0
(a_1, b_3, c_1)	2	0	2
(a_1, b_3, c_2)	0	0	0
(a_2, b_1, c_1)	1	0	1
(a_2, b_1, c_2)	1	1	2
(a_2, b_2, c_1)	3	1	4
(a_2, b_2, c_2)	0	3	3
(a_2, b_3, c_1)	1	3	4
(a_2, b_3, c_2)	0	1	1
(a_3, b_1, c_1)	2	1	3
(a_3, b_1, c_2)	0	2	2
(a_3, b_2, c_1)	1	3	4
(a_3, b_2, c_2)	0	1	1
(a_3, b_3, c_1)	0	1	1
(a_3, b_3, c_2)	0	0	0

Информативность состояния относительно диагноза зависит от ответа эксперта (базы знаний). В любом случае можно гарантировать минимум информативности из двух возможных ответов эксперта. В данном примере – минимум из 3 и 7. Этот минимум (3) и можно считать степенью информативности состояния (a_2, b_2, c_1) относительно диагноза d_1 .

Информативность состояния определяется суммой его информативностей относительно каждого диагноза. Таким образом, для быстрого анализа базы знаний необходимо предъявить ей для диагностики самое информативное в данный момент состояние компьютерной системы S . Информативность всех состояний в рассматриваемом примере показана в табл. 1.

Пусть для диагностики выбрано состояние (a_1, b_2, c_2) .

В базе знаний продукционной экспертной системы реального времени, способной поставить диагноз любому состоянию системы S , есть продукция p_4 – «Если $a = a_1$, $b = b_2$ и $c = c_2$, то $d = d_0$ ».

Таким образом, состояние (a_1, b_2, c_2) оказалось исправным. Поэтому ему нельзя поставить диагноз d_1 . Следовательно, и менее характерным для диагноза d_1 состояниям (a_2, b_2, c_2) , (a_3, b_2, c_2) , (a_1, b_3, c_2) , (a_2, b_3, c_2) и (a_3, b_3, c_2) тоже нельзя поставить диагноз d_1 .

Заметим, что, хотя информативность состояния (a_1, b_2, c_2) относительно диагноза d_1 равна 3, полученный ответ эксперта оказался более информативным, чем ожидалось в самом плохом случае, и позволил косвенно классифицировать 5 состояний.

Рассуждая аналогично, получаем, что состоянию (a_1, b_2, c_2) нельзя поставить диагноз d_2 . Следовательно, и менее характерным для диагноза d_2 состояниям (a_1, b_2, c_1) , (a_1, b_1, c_2) и (a_1, b_1, c_1) тоже нельзя поставить диагноз d_2 .

Результаты диагностики состояния (a_1, b_2, c_2) показаны в табл. 2.

Далее необходимо пересчитать информативность всех еще не диагностированных состояний (табл. 3).

Пусть для диагностики выбрано состояние (a_2, b_2, c_1) .

В базе знаний продукционной экспертной системы реального времени, способной поставить диагноз любому состоянию системы S , есть продукция p_9 – «Если $a = a_2$, $b = b_2$ и $c = c_1$, то $d = d_2$ ».

Таким образом, система S в состоянии (a_2, b_2, c_1) характеризуется неисправностью d_2 . При этом ей нельзя поставить диагноз d_1 . Следовательно, и менее характерным для ди-

агноза d_1 состояниям (a_3, b_2, c_1) , (a_2, b_3, c_1) и (a_3, b_3, c_1) нельзя поставить диагноз d_1 .

Рассуждая аналогично, получаем, что и более характерным для диагноза d_2 состояниям (a_2, b_2, c_2) , (a_3, b_2, c_2) , (a_3, b_2, c_1) , (a_2, b_3, c_1) , (a_2, b_3, c_2) , (a_3, b_3, c_2) и (a_3, b_3, c_1) уже можно поставить диагноз d_2 .

Таким образом, хотя информативность состояния (a_2, b_2, c_1) относительно диагноза d_2 равна 1, полученный ответ эксперта оказался более информативным, чем ожидалось в самом плохом случае, и позволил косвенно классифицировать 7 состояний.

Результаты диагностики состояния (a_2, b_2, c_1) показаны в табл. 4.

Далее опять надо пересчитать информативность всех еще не диагностированных состояний (табл. 5).

Пусть для диагностики выбрано состояние (a_2, b_1, c_2) .

В базе знаний продукционной экспертной системы реального времени, способной поставить диагноз любому состоянию системы S , есть продукция p_8 – «Если $a = a_2, b = b_1$ и $c = c_2$, то $d = d_1$ ».

Таким образом, система S в состоянии (a_2, b_1, c_2) характеризуется неисправностью d_1 . Следовательно, и более характерным для диагноза d_1 состояниям (a_2, b_1, c_1) , (a_1, b_1, c_1) и (a_1, b_1, c_2) тоже можно поставить диагноз d_1 .

Хотя информативность состояния (a_2, b_1, c_2) относительно диагноза d_1 равна 1, полученный ответ эксперта оказался более информативным, чем ожидалось в самом плохом случае, и позволил косвенно классифицировать 3 состояния.

Рассуждая аналогично, получаем, что и менее характерному для диагноза d_2 состоянию (a_2, b_1, c_1) тоже нельзя поставить диагноз d_2 .

Результаты диагностики состояния (a_2, b_1, c_2) показаны в таблице 6.

Если теперь пересчитать информативность всех еще не диагностированных состояний, то выяснится, что все они равны 0. Поэтому можно выбрать для диагностики любое оставшееся еще не диагностированное состояние.

Пусть для диагностики выбрано состояние (a_1, b_2, c_1) .

В базе знаний есть продукция p_3 – «Если $a = a_1, b = b_2$ и $c = c_1$, то $d = d_0$ ».

Таким образом, система S в состоянии (a_1, b_2, c_1) не характеризуется неисправностью d_1 . Следовательно, и менее характерному для диагноза d_1 состоянию (a_1, b_3, c_1) тоже нельзя поставить диагноз d_1 .

Таблица 4. Результаты диагностики (a_2, b_2, c_1)

Состояние	Диагноз	
	d_1	d_2
(a_1, b_1, c_1)		нет
(a_1, b_1, c_2)		нет
(a_1, b_2, c_1)		нет
(a_1, b_2, c_2)	нет	нет
(a_1, b_3, c_1)		
(a_1, b_3, c_2)	нет	
(a_2, b_1, c_1)		
(a_2, b_1, c_2)		
(a_2, b_2, c_1)	нет	да
(a_2, b_2, c_2)	нет	да
(a_2, b_3, c_1)	нет	да
(a_2, b_3, c_2)	нет	да
(a_3, b_1, c_1)		
(a_3, b_1, c_2)		
(a_3, b_2, c_1)	нет	да
(a_3, b_2, c_2)	нет	да
(a_3, b_3, c_1)	нет	да
(a_3, b_3, c_2)	нет	да

Таблица 5. Информативность состояний (шаг 3)

Состояние	Информативность		
	отн. d_1	отн. d_2	сумма
(a_1, b_1, c_1)	0	0	0
(a_1, b_1, c_2)	1	0	1
(a_1, b_2, c_1)	1	0	1
(a_1, b_2, c_2)	0	0	0
(a_1, b_3, c_1)	0	0	0
(a_1, b_3, c_2)	0	0	0
(a_2, b_1, c_1)	1	0	1
(a_2, b_1, c_2)	1	1	2
(a_2, b_2, c_1)	0	0	0
(a_2, b_2, c_2)	0	0	0
(a_2, b_3, c_1)	0	0	0
(a_2, b_3, c_2)	0	0	0
(a_3, b_1, c_1)	1	1	2
(a_3, b_1, c_2)	0	0	0
(a_3, b_2, c_1)	0	0	0
(a_3, b_2, c_2)	0	0	0
(a_3, b_3, c_1)	0	0	0
(a_3, b_3, c_2)	0	0	0

Таблица 6. Результаты диагностики (a_2, b_1, c_2)

Состояние	Диагноз	
	d_1	d_2
(a_1, b_1, c_1)	да	нет
(a_1, b_1, c_2)	да	нет
(a_1, b_2, c_1)		нет
(a_1, b_2, c_2)	нет	нет
(a_1, b_3, c_1)		
(a_1, b_3, c_2)	нет	
(a_2, b_1, c_1)	да	нет
(a_2, b_1, c_2)	да	нет
(a_2, b_2, c_1)	нет	да
(a_2, b_2, c_2)	нет	да
(a_2, b_3, c_1)	нет	да
(a_2, b_3, c_2)	нет	да
(a_3, b_1, c_1)		
(a_3, b_1, c_2)		
(a_3, b_2, c_1)	нет	да
(a_3, b_2, c_2)	нет	да
(a_3, b_3, c_1)	нет	да
(a_3, b_3, c_2)	нет	да

Таблица 7. Итоговые результаты диагностики

Состояние	Диагноз	
	d_1	d_2
(a_1, b_1, c_1)	да	нет
(a_1, b_1, c_2)	да	нет
(a_1, b_2, c_1)	нет	нет
(a_1, b_2, c_2)	нет	нет
(a_1, b_3, c_1)	нет	да
(a_1, b_3, c_2)	нет	да
(a_2, b_1, c_1)	да	нет
(a_2, b_1, c_2)	да	нет
(a_2, b_2, c_1)	нет	да
(a_2, b_2, c_2)	нет	да
(a_2, b_3, c_1)	нет	да
(a_2, b_3, c_2)	нет	да
(a_3, b_1, c_1)	да	нет
(a_3, b_1, c_2)	да	нет
(a_3, b_2, c_1)	нет	да
(a_3, b_2, c_2)	нет	да
(a_3, b_3, c_1)	нет	да
(a_3, b_3, c_2)	нет	да

Пусть для диагностики выбрано состояние (a_1, b_3, c_1) . В базе знаний продукционной экспертной системы реального времени, способной поставить диагноз любому состоянию системы S , есть продукция p_5 – «Если $a = a_1$, $b = b_3$ и $c = c_1$, то $d = d_2$ ».

Таким образом, система S в состоянии (a_1, b_3, c_1) характеризуется неисправностью d_2 . Следовательно, и более характерному для диагноза d_2 состоянию (a_1, b_3, c_2) тоже можно поставить диагноз d_2 .

Пусть для диагностики выбрано состояние (a_3, b_1, c_2) . В базе знаний продукционной экспертной системы реального времени, способной поставить диагноз любому состоянию системы S , есть продукция p_{14} – «Если $a = a_3$, $b = b_1$ и $c = c_2$, то $d = d_1$ ».

Таким образом, система S в состоянии (a_3, b_1, c_2) характеризуется неисправностью d_1 . Следовательно, и более характерному для диагноза d_1 состоянию (a_3, b_1, c_1) тоже можно поставить диагноз d_1 .

Рассуждая аналогично, получаем, что и менее характерному для диагноза d_2 состоянию (a_3, b_1, c_1) тоже нельзя поставить диагноз d_2 .

Окончательный результат показан в табл. 7.

Полученный результат полностью согласуется с базой знаний, состоящей из 18 продукций, но при этом было использовано только 6 продукций (p_4, p_9, p_8, p_3, p_5 и p_{14} – в 3 раза меньше!) и 2 отношения r_1 и r_2 .

5. Выводы

Научная новизна данной работы заключается в том, что усовершенствован метод анализа продукционных экспертных систем на способность постановки диагноза функциональному состоянию компьютерной системы или сети, использующий бинарные отношения характерности значений признаков параметров для диагнозов и позволяющий сократить количество продукций, необходимых для анализа.

Практическое значение исследования состоит в том, что полученные результаты позволяют анализировать продукционные экспертные системы на способность постановки диагноза любому состоянию компьютерной системы или сети.

Одним из аналогичных эффективных методов построения диагностических экспертных систем является метод КЛАСС [5, 16]. Основная идея этого метода состоит в предъявлении эксперту для классификации некоторых специальным образом выбранных состояний объекта диагностирования.

Существенным недостатком такого подхода является большая размерность вектора, описывающего состояние сложного объекта. По мнению большинства психологов [17], процессы принятия решений происходят в кратковременной памяти человека. Объем этой памяти ограничен примерно 7-ю элементами (7 ± 2). Поэтому классификация состояний даже относительно простого объекта, описание которого содержит 10 параметров, опытным экспертом может в результате оказаться ошибочной и противоречивой.

Предлагаемый в данной работе подход требует от эксперта умения работать одновременно или с несколькими параметрами (при формировании продукций), или с двумя значениями (при сравнении в процессе формирования отношения характерности). В этом и состоит его несомненное преимущество.

Методы ДИФКЛАСС, СТЕПКЛАСС и КЛАНШ [5], существенно более эффективные по числу обращений к эксперту, чем метод КЛАСС, отличаются друг от друга стратегией предъявления состояний эксперту и тоже обладают описанным выше недостатком метода КЛАСС.

В данной работе рассмотрен процесс анализа продукционных экспертных систем, способных поставить диагноз любому состоянию компьютерной системы или сети, которые характеризуются произвольным числом параметров.

Показано, что использование бинарных отношений характерности значений параметров для диагнозов и лишь существенно ограниченного числа продукционных правил позволяет проанализировать способность диагностики произвольного состояния компьютерной системы или сети. Предложен процесс анализа, основанный на продукционном выводе и использовании бинарных отношений характерности значений параметров для диагнозов.

Доказанные леммы и теорема позволяют, используя бинарные отношения характерности значений параметров для диагнозов, сократить количество продукций, необходимых для анализа продукционных экспертных систем, способных поставить диагноз любому состоянию компьютерной системы или сети.

Список литературы: 1. *Хаханов В.И.* Техническая диагностика элементов и узлов персональных компьютеров. К.: ИСМО, 1997. 308 с. 2. *Нессер Д.Дж.* Оптимизация и поиск неисправностей в сетях. К.: Диалектика, 1996. 384 с. 3. *Дэвид Стоун М., Пур Альфред.* Ваш PC. Проблемы и решения: Практич. пособ. М.: Издательство ЭКОМ, 2002. 416 с. 4. *Уэнстром М.* Организация защиты сетей Cisco. М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. 768 с. 5. *Ларичев О.И., Мечитов А.И., Мошкович Е.М., Фуремс Е.М.* Выявление экспертных знаний (процедуры и реализации). М.: Наука, 1989. 128 с. 6. *Джексон П.* Введение в экспертные системы. М.: Вильямс, 2001. 624 с. 7. *Уотермен Д.* Руководство по экспертным системам. М.: Мир, 1989. 388 с. 8. *Бакаев А.А., Гриценко В.И., Козлов Д.Н.* Экспертные системы и логическое программирование. Киев: Наук. думка, 1992. 220 с. 9. *Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф.* Базы знаний интеллектуальных систем. СПб: Питер, 2000. 384 с. 10. *Люгер Д.Ф.* Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем. М.: Вильямс, 2003. 864 с. 11. *Бондарев В.Н., Аде Ф.Г.* Искусственный интеллект. Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2002. 615 с. 12. *Кривуля Г.Ф., Липчанский А.И., Механна Сами, Зидат Хабис.* Диагностика компьютерных сетей с использованием экспертных систем // Вестник ХГТУ, 2004. №1(19). С. 11-16. 13. *Липчанский А.И., Механна Сами, Хабис А.А. Зидат.* Использование продукционных систем и бинарных отношений в экспертных системах диагностики компьютерной техники // Радиоэлектроника. Информатика. Управління, 2006. №2(16). С. 93-101. 14. *Зидат Хабис.* Бинарные отношения в диагностических экспертных системах // Материалы 10-го юбилейного международного молодежного форума «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке» (10-12 апреля 2006 г.). Харьков: ХНУРЭ, 2006. С. 368. 15. *Липчанский А.И., Лесовик У.И., Зидат Хабис.* Синтез заданной нейронной сети в программируемую логику // Радиоэлектроника. Информатика. Управління, 2004. №1(11). С. 122-127. 16. *Ларичев О.И.* Теория и методы принятия решений. М.: Логос, 2002. 17. *Солсо Р.* Когнитивная психология. СПб: Питер, 2002. 592 с.

Поступила в редколлегию 13.03.2007

Кривуля Геннадий Федорович, д-р техн. наук, проф., зав. каф. АПВТ ХНУРЭ. Научные интересы: техническая диагностика, системы автоматизированного проектирования цифровых устройств. Увлечения и хобби: автомобилизм, туризм, рыбная ловля. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 702-13-26.

Хабис А.А. Зидат, аспирант кафедры АПВТ ХНУРЭ. Научные интересы: техническая диагностика компьютерных систем. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 702-13-26.

МОДЕЛИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ИЕРАРХИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ ГРАНИЧНОГО СКАНИРОВАНИЯ

Предлагаются модели тестирования сложных программно-технических комплексов, ориентированные на решение задач диагностирования в реальном масштабе времени. Модели используют технологии граничного сканирования IEEE стандартов для наблюдения невыходных линий и методы оценки тестопригодности для определения критических мест в цифровых объектах. Модели и методы ориентированы на тестирование рассредоточенных систем управления критическими технологиями.

1. Введение

Основными требованиями, предъявляемыми к современным информационным и управляющим системам для сложных объектов и критических технологий [1-7], являются: 1) обеспечение высокой надежности их функционирования [5]; 2) оперативный контроль и управление всеми параметрами критической системы или объекта; 3) тестирование, диагностика и восстановление работоспособности подсистем за допустимое техническими условиями и стандартами время; 4) обеспечение требуемой глубины диагностирования системы или ее компонентов автоматически и в реальном масштабе времени.

Новое поколение современных технологий и маршрутов проектирования вводит также дополнительные критерии, связанные с проектированием, производством и эксплуатацией цифровых изделий: time-to-market, Design for - Manufacturability, Testability, Diagnosis, Verification [8-19]. Важнейшим этапом разработки компонентов цифровой системы является процесс верификации, связанный с устранением всех ошибок проектирования как можно на более ранней стадии, что приводит к значительной экономии временных и материальных ресурсов. Здесь интерес представляет внесение допустимой тестопригодной избыточности (ассерции) в состав проекта на ранней (системной) стадии разработки, которая, совместно с применением методов верификации и тестирования, существенно уменьшает основной параметр – time-to-market, что является актуальной и рыночно привлекательной моделью проектирования [8-14].

Речь идет об использовании теста верификации, полученного на стадии системного проектирования, для проверки изделия с минимальными дополнительными аппаратными и программными затратами с применением технологии граничного сканирования [8,10]. При этом механизм программно-аппаратной избыточности должен включать дополнительные точки контроля, которые необходимо ввести в проект с помощью Boundary Scan регистра или специальных (ad hoc) технологий на стадии синтеза. В результате однажды созданная избыточность проекта может быть многократно использована для проверки компонентов цифровой системы на всех стадиях его жизненного цикла.

Сложные цифровые изделия в настоящее время рассматриваются как объекты, имеющие несколько уровней иерархии. На первом самом низком уровне система представлена современными интегральными схемами (PLD, ASIC), в которые имплементированы SoC, NoC, память, процессоры. Второй уровень формируется цифровыми устройствами, представленными на платах (system on board), где в качестве примитивов выступают интегральные схемы первого уровня. Третий уровень представляет собой совокупность плат, которые объединяются в понятие крейта (system on crate). Четвертый уровень объединяет совокупность крейтов или шкафов в сложную распределенную систему управления технологическими процессами, производствами или критическими технологиями (авиация, космонавтика, атомная энергетика, метеорология, оборона, экология) [1-3]. Пятый уровень можно рассматривать как рассредоточенную в пространстве систему, примером которой может быть Internet. Далее рассматривается иерархия системы от первого до четвертого уровней в целях создания моделей и методов их тестирования с заданной глубиной диагностирования.

Цель разработки – существенное уменьшение времени тестирования сложных цифровых систем в процессе эксплуатации на основе создания общей модели организации и проведения диагностического эксперимента, включающего безусловные алгоритмы поиска дефектов с использованием IEEE стандартов тестопригодного проектирования [8-14].

Для достижения поставленной цели решаются *задачи*: 1) Выбор приемлемых методов и средств тестирования сложных цифровых систем всех, обозначенных выше, уровней иерархии. 2) Разработка иерархической модели организации и проведения диагностического эксперимента, включающей условные и безусловные алгоритмы поиска дефектов, ориентированные на использование стандартов тестопригодного проектирования. 3) Практическая реализация моделей тестирования сложных цифровых систем и экспериментальная оценка их состоятельности.

2. Модель тестирования цифровой системы

Объект исследования – цифровая система управления, представленная несколькими уровнями иерархии, разрабатываемая на основе IEEE стандартов тестопригодного проектирования. В частности, рассматривается программно-технический комплекс F , как объект тестирования, который может быть представлен в виде кортежа: $F = \langle C, V, P, M \rangle$, где $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ – конечное непустое множество крейтов в цифровой системе, $V = \{b_1, b_2, \dots, b_m\}$ – множество печатных плат в крейте, $P = \{p_1, p_2, \dots, p_k\}$ – совокупность интегральных схем на печатной плате, $M = \{m_1, m_2, \dots, m_g\}$ – множество функциональных IP-модулей на чипе (в интегральной схеме). При этом выполняются следующие условия вложения или иерархии:

$$m_{ijrs} \in p_{ijr} \in b_{ij} \in c_i \in F, (i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}; r = \overline{1, k}; s = \overline{1, g}). \quad (1)$$

Основное уравнение диагноза для рассматриваемого объекта исследования может быть представлено в следующем виде:

$$D = R^* \wedge L = (R^+ \oplus R^-) \wedge L = [(T \oplus F) \oplus (T \oplus F^*)] \wedge L, \quad (2)$$

где параметры формулы определяются как: D – множество обнаруженных в устройстве дефектов в процессе тестирования; $L(T_i)$ – список неисправностей, обнаруживаемых тест-вектором

$$T_i \in T = (T_1, T_2, \dots, T_i, \dots, T_h),$$

представленный в форме таблицы

$$L(t_i) = [L_{ij}], i = \overline{1, p}; j = \overline{1, q}.$$

здесь каждому тесту ставится в соответствие подмножество проверяемых дефектов, p – число наблюдаемых выходов, q – общее количество линий в устройстве;

$R^-(T_i) = (R_1^-, R_2^-, \dots, R_i^-, \dots, R_p^-)$ – двоичный вектор элементарной экспериментальной проверки, равный числу наблюдаемых выходов системы; $R^+(T_i) = (R_1^+, R_2^+, \dots, R_i^+, \dots, R_p^+)$ – эталонный вектор состояния выходов; F – эталонная модель устройства; F^* – реальное изделие.

Для организации процесса диагностирования формируются координаты вектора

$$R^*(T_i) = (R_1^*, R_2^*, \dots, R_i^*, \dots, R_p^*)$$

в соответствии со следующим правилом:

$$R_i^* = R_i^+ \oplus R_i^-. \quad (3)$$

Идеальная модель для диагностирования дефектов цифровой системы представляется в виде следующей структуры: $F = \{T \times L \times R\}$. Однако мощность такой трехмерной таблицы определяется выражением $|F| = h \times 2q \times p$. Если учесть, что размерность теста, в лучшем случае, есть квадрат от числа линий устройства, то данное выражение приводится к следующему виду: $|F| = \{q^2 \times 2q \times p\} = 2q^3 p \approx q^4$. Если число линий в реальных объектах от

100 000 до 1000 000, то размерность трехмерной таблицы диагностирования будет расположена в интервале значений $10^{20} \geq |F| \geq 10^{24}$. Естественно, что такой объем диагностической информации практически невозможно обработать в целях поиска дефекта в цифровой системе. Возникает проблема сжатия данных до приемлемых размеров. Практически сжимать можно все три компонента $\{T, L, R\}$ [11]: тест, дефекты и реакции на входные наборы, но при этом теряется или точность установления диагноза, или время проведения тестового эксперимента. Далее предлагается метод с максимально возможной глубиной диагностирования, основанный на выполнении тестового эксперимента над моделью и объектом в реальном масштабе времени, когда исключается из рассмотрения параметр T , а объем информации переходит плоскость – теряет одно измерение, связанное с длиной теста. В связи с этим предлагается следующая модель диагностирования:

$$\begin{aligned}
 & 1) \left\{ \begin{aligned} & L(T_i) = F \oplus T_i; \\ & R^*(T_i) = f(F, T_i, D^*); \\ & D(T_i) = g[L(T_i), R^*(T_i)]. \end{aligned} \right. \\
 & 2) \left\{ \begin{aligned} & D^s(T_i) = \bigwedge_{\forall j(R_j^*=1)} L_j \& \overline{\bigvee_{\forall j(R_j^*=0)} L_j}; \\ & D^m(T_i) = \bigvee_{\forall j(R_j^*=1)} L_j \& \overline{\bigvee_{\forall j(R_j^*=0)} L_j}. \end{aligned} \right. \\
 & 3) \left\{ \begin{aligned} & D_0^s(T) = D_0^s(T) \vee D^s(T_i) \& S^+(T_i); \\ & D_1^s(T) = D_1^s(T) \vee D^s(T_i) \& \bar{S}^+(T_i). \end{aligned} \right. \tag{4} \\
 & 4) \left\{ \begin{aligned} & D_0^m(T) = D_0^m(T) \vee D^m(T_i) \& S^+(T_i); \\ & D_1^m(T) = D_1^m(T) \vee D^m(T_i) \& \bar{S}^+(T_i). \end{aligned} \right.
 \end{aligned}$$

Здесь первые три равенства представляют процедуры: формирования списков проверяемых дефектов по наблюдаемым выходам объекта; вычисления фактической реакции устройства на заданную входную последовательность; определения дефектов, присутствующих в изделии на момент тестирования. Вторая система уравнений позволяет определить наличие одиночных или кратных константных дефектов в устройстве путем выполнения двух процедур над содержимым таблицы L проверяемых на входном наборе T_i дефектов и вектора экспериментальной проверки R^* . Третья система уравнений позволяет вычислить вектор одиночных дефектов, присутствующих в цифровой системе на момент тестирования, как функцию от вектора $S^+(T_i)$ исправного состояния линий и полного теста T . Четвертая система уравнений позволяет накапливать вектор кратных дефектов, присутствующих в цифровой системе на момент тестирования, так же как функцию от вектора $S^+(T_i)$ исправного состояния линий. Результатом выполнения диагностического эксперимента, проводимого в реальном масштабе времени, является множество дефектов, одиночных или кратных, которые имеются в цифровой системе. При этом затраты памяти для хранения информации и проведения диагностического эксперимента определяются выражением:

$$Q^M = (p^x \times q^2) + (q \times p) + 7q + 3p. \tag{5}$$

Если использовать встроенный генератор тестов, для которого нет необходимости хранить информацию, то объем памяти будет минимальным:

$$Q_A^M = (q \times p) + 7q + 3p. \tag{6}$$

Естественно, что и вычислительная сложность проведения диагностического эксперимента является функцией от объема обрабатываемой памяти, представленной выражениями (5) и (6).

На рис. 1 представлена структура вычислителя для проведения диагностического эксперимента, которая построена на основе уравнений (4). Достоинством устройства является выполнение операций над таблицами и векторами, что легко реализуется как в компьютере, так и в кристалле PLD.

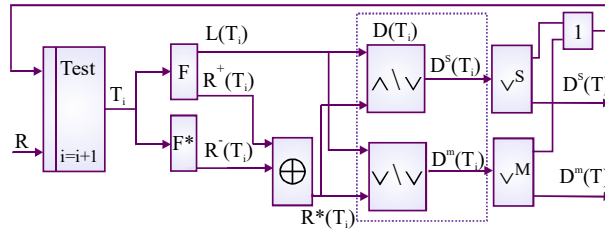


Рис. 1. Структурная модель диагностирования цифровой системы

В качестве примера структур данных, необходимых для проведения диагностического эксперимента, ниже предлагаются таблицы и векторы, ориентированные на иллюстрацию выполнения процедур, определенных упомянутым вычислителем (см. рис. 1) и уравнениями (4):

$$L(T_i) = [L_{ij}] \quad q = 8 \quad R^*(t) = R^-(t) \oplus R^+(t)$$

$$p = 4 \quad \begin{array}{cccccccc|ccc} 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{array}$$

$$D^s(T_i) = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline \end{array}$$

$$D^m(T_i) = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ \hline \end{array}$$

$$S^+(T_i) = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ \hline \end{array}$$

$$D_0^s(T) = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline \end{array}$$

$$D_1^s(T) = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline \end{array}$$

$$D_0^m(T) = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline \end{array}$$

$$D_1^m(T) = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ \hline \end{array}$$

Здесь рассматривается объект диагностирования, имеющий 4 выхода ($p=4$), где каждому из них ставится в соответствие вектор проверяемых дефектов, равный общему числу линий в объекте, в данном случае $q=8$. Проверимость дефекта в ячейке рассматриваемой таблицы $L(T_i)$ идентифицируется символом 1, непроверяемость – нулем. Тип константного дефекта определяется инверсией от исправного состояния соответствующей линии вектора $S^+(T_i)$. Состояния координат вектора экспериментальной проверки $R^*(T_i)$ вычисляются как сумма по модулю 2 векторов: исправного состояния модели $R^+(T_i)$ и фактических реакций $R^-(T_i)$ выходов реального объекта. Таким образом, единичное (нулевое) значение координаты вектора $R^*(T_i)$ идентифицирует несовпадение (совпадение) по выходам эталонной и экспериментальной реакций и позволяет точно определять дефекты в цифровой системе. При этом используются две стратегии: поиск одиночных и кратных дефектов на каждом тест-векторе, отображаемых векторами $D^s(T_i), D^m(T_i)$ соответственно. Накопление информации, по мере подачи входных последовательностей, происходит уже отдельно в векторах $D_0^s(T), D_1^s(T), D_0^m(T), D_1^m(T)$, которые формируют списки одиночных и кратных, нулевых и единичных константных дефектов. При этом используются системы уравнений 3 и 4 из (4).

Таким образом, для иерархической модели сложной цифровой системы управления экономичнее проводить диагностический эксперимент в реальном масштабе времени путем анализа модели и реального объекта на каждом входном наборе в целях определения и сравнения их реакций на каждую входную последовательность. В этом случае необходимо хранить информацию только о состоянии выходов и результаты моделирования неисправностей на одном тест-векторе.

Выбор формата данных определяется приоритетами разработчика. Что целесообразнее: уменьшение объема информации при использовании списков неисправностей, но с одновременным усложнением процедур диагностирования и операций над списками, или технологичные алгоритмы на основе регистровых операций при существенном увеличении затрат памяти? Поскольку две упомянутые реализации имеют только формальные отличия, то можно предоставить квалифицированному пользователю два режима, которые существенно улучшат функциональность продукта и расширят круг пользователей, занимающихся созданием средств диагностирования.

Предложенная модель тестирования может быть также использована при ее реализации на дереве контроллеров, управляющих BS-регистрами, которые позволяют сканировать только очередную точку контроля, необходимую для установления точного диагноза.

3. Тестирование с использованием IEEE стандартов

Основной недостаток существующих методов и маршрутов проектирования ведущих фирм мира [21-23] заключается в том, что реализация нефункциональных свойств изделия, каковыми являются избыточные средства тестирования и диагностирования, не всегда поддерживается. К тому же избыточность требует определенных временных и материальных затрат, которые окупаются лишь в процессе эксплуатации, когда возникают нештатные ситуации, связанные с повреждениями или отказами. Тем не менее разработчики средств проектирования все более стараются учитывать требования современного рынка и IEEE стандарты тестопригодности и надежности. Что же дают упомянутые стандарты в плане улучшения процесса и результата диагностирования сложных иерархических систем? Естественно, рассматривается критерий эффективности: время диагностирования с наперед заданным качеством, определяемым глубиной поиска дефекта.

Существующие методы тестирования не свободны от элементарных проверок, позволяющих уточнить место и вид дефекта в системе. При этом временные затраты элементарной проверки при выполнении условного диагностического эксперимента определяются выражением

$$T_d = T_s + T_k + T_t + T_r, \quad (7)$$

где T_s – время поиска координаты микросхемы, платы, крейта, шкафа для установки (сигнаурного) зонда; T_k – время проверки наличия связи между зондом и выводом для наблюдения реакции; T_t – время подачи теста на объект диагностирования, снятия экспериментальной реакции в точке контроля и сравнения ее с эталонной; T_r – время восстановления работоспособности. Материальные затраты на реализацию элементарной зондовой проверки пропорциональны времени T_d . Естественно, что наиболее весомыми компонентами являются T_s и T_r . Второй компонент трудно исключить из процедуры диагностирования, поскольку он связан с человеческим фактором. Первый же можно устранить из диагностического эксперимента путем исключения зондирований как элементарных проверок. Для этого следует перейти к безусловному диагностическому эксперименту, убирающему неоднозначность тестирования и установления диагноза путем введения дополнительных линий наблюдения на основе использования существующих IEEE-стандартов.

Какие же линии нуждаются в дополнительном наблюдении? Если коротко, те, которые позволяют разделить эквивалентные неисправности [24] и привести их к собственным подмножествам на существующем тесте диагностирования. Например, если число наблюдаемых выходов – p , а длина теста – h , то q , как число неисправностей, которое можно обнаружить и различить, определяется формулой

$$q = 2^{p \times h} \quad (p \neq 0, h \geq 2). \quad (8)$$

Однако эквивалентные неисправности – это хорошо для проектов, насчитывающих миллионы вентиляей. Они дают возможность существенно уменьшить длину теста (пара-

метр h), но при этом ухудшить его диагностические свойства. Для компенсации или восстановления упомянутых свойств необходимо увеличивать параметр p в формуле (8). Таким образом, дополнительная наблюдаемость внутренних линий дает возможность существенно повысить глубину диагностирования цифрового изделия и в пределе получить возможность различать каждый дефект в объекте. С другой стороны, уменьшение (увеличение) одного из параметров в (8) должно быть скомпенсировано увеличением (уменьшением) другого. В пределе на паре входных наборов можно различить все неисправности, если этому способствует логика цифрового устройства (сумматор, имеющий 3 наблюдаемых входа и два выхода). Но при этом в пределе все линии должны быть наблюдаемы.

Для формализации процесса поиска дополнительных линий наблюдения вводится модель, зависящая от следующих параметров:

$$Z = f(S, T, C, O, T^*), \quad (9)$$

где S – структура объекта, T – тест; C и O – управляемость и наблюдаемость линий; T^* – тестируемость изделия.

Общее количество наблюдаемых выходов (априорных и дополнительных) определяется следующим выражением:

$$Y = \{Z, R, y\}, \quad (10)$$

здесь Z – количество дополнительных линий в объекте, подлежащих определению по методу CAMELOT [24]; R – множество сходящихся разветвлений, которые не проверяются базовым тестом; y – априорные выходы схемы.

Дополнительные выходные линии определяются путем вычисления наблюдаемости $O(X_i)$ всех переменных схемы. После этого необходимо выбрать совокупность таких линий X_i , которые удовлетворяют наперед заданному пороговому значению наблюдаемости $O(X_i)$ или тестируемости $T^*(X_i)$:

$$X_i \in Y \leftarrow [O(X_i) \leq \{O_{\max}, T_{\max}^*\} \vee X_i \in R]. \quad (11)$$

Из множества Y следует исключать все входные линии схемы. Кроме того, при прочих равных характеристиках тестопригодности предпочтение следует отдавать сходящимся разветвлениям R . Применяя данное выражение необходимо вычислять значения управляемости, наблюдаемости и тестопригодности для каждой линии схемы. Для этого необходимо использовать следующие определения.

1. Управляемость – количественная мера способности устройства генерировать на рассматриваемой линии значение 0 или 1, которая зависит от логической функции устройства и уменьшается по мере отдаления линии от внешних входов схемы:

$$C(Y) = C_i \cdot C^*(X_i), \quad (12)$$

где $C_i = \left| N_i^0 - N_i^1 \right| / (N_i^0 + N_i^1)$, – коэффициент передачи управляемости; $N_i^0, (N_i^1)$ – число

всех способов установки логического нуля (единицы) на линии; $C^*(X_i) = \frac{\sum_{i=1}^n C(X_i)}{\sum_{i=1}^n X_i}$ –

среднее арифметическое управляемостей входов примитива.

2. Наблюдаемость – количественная мера способности устройства транспортировать состояние рассматриваемой линии на внешние выходы схемы, которая зависит от логической функции устройства и уменьшается по мере отдаления линии от внешних выходов схемы:

$$O(Y) = O_i \cdot O(X_i) \cdot C^*(X_i), \quad (13)$$

где $O_i = \left| T^a - T^b \right| / (T^a + T^b)$ – коэффициент передачи наблюдаемости; T^a – число наборов,

активирующих X_i на выход примитива, T^b – число наборов, блокирующих активизацию X_i на выход примитива; $O(Y)$ – наблюдаемость внешних выходов схемы $O(X_i) = 1$.

3. Тестируемость – мультипликативная количественная оценка способности устройства транспортировать управляемость (наблюдаемость) рассматриваемой линии на внешние

входы (выходы) схемы, которая зависит от логической функции устройства и уменьшается по мере отдаления линии от внешних входов (выходов) схемы:

$$T^* = C(Y) \cdot O(Y). \quad (14)$$

Таким образом, представленные выше критерии тестопригодности дают возможность не только оценить проектируемое изделие, но и определить узкие места в проекте с точки зрения управляемости, наблюдаемости и тестируемости. Далее стандарты Boundary Scan IEEE 1149.1 и IEEE P1500 [8,12-14] делают наблюдаемыми (управляемыми) линии объекта, благодаря технологии их сканирования, незначительно увеличивающей время проведения диагностического эксперимента.

Что касается иерархического проекта, то его структура может быть представлена в виде мультипликативного дерева, где каждая вершина – компонент по отношению к верхнему уровню иерархии – имеет одну входящую дугу и несколько исходящих (рис. 2).

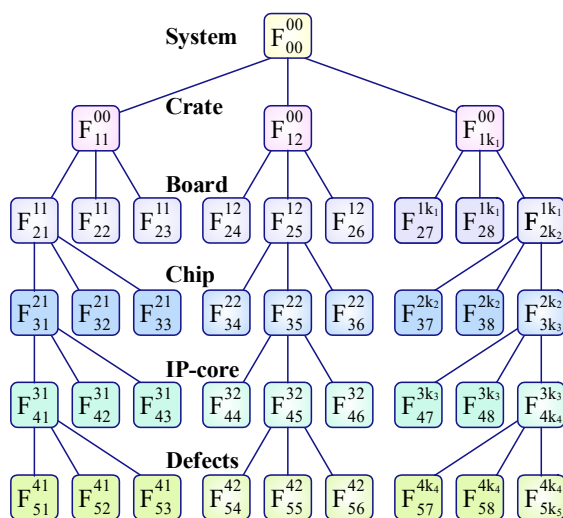


Рис. 2. Иерархическая модель сложной цифровой системы

Математическая модель такой нисходящей иерархии представлена в виде системы уравнений:

$$\begin{cases} F = [F_{ij}^{rs}], \quad (i = \overline{0,5}; j = \overline{1,k}; r = \overline{0,4}; s = \overline{1,k}_{j-1}); \\ T = [T_{ij}^{rs}]; \quad L = [L_{ij}^{rs}] \\ F_{ij}^{rs} \oplus T_{ij}^{rs} = L_{ij}^{rs}. \end{cases} \quad (15)$$

Полный идентификатор компонента системы $F = [F_{ij}^{rs}]$ имеет четыре индекса. Нижние индексы (ij) служат для обозначения уровня иерархии и порядкового номера компонента в нем. В целях установления связи с его родительской вершиной имеются два верхних индекса – rs, которые задают предшествующий уровень иерархии и номер элемента в нем. Каждому компоненту сложной цифровой системы ставится в соответствие тест, дефекты и правила установления диагноза.

Применяются две стратегии тестирования. Первая использует тест проверки функциональности, который позволяет определить исправность блока (системы) или зафиксировать непрохождение теста. Лишь на последнем уровне иерархии тест дает список неисправностей, присутствующих в системе. Процедура диагностирования в худшем случае предполагает тестирование всех компонентов объекта. Вторая стратегия – более избирательная за счет использования сложных и объемных тестов диагностирования. Тестирование текущего блока дает точный адрес компонента, в котором далее следует искать неисправность.

Тест более высокого уровня должен указывать на неисправные компоненты на один уровень ниже:

$$\begin{aligned}
 F_{1j}^{rs} \oplus T_{1j}^{rs} &= L_{1j}^{rs} = \{L_{21}^{1j}, L_{22}^{1j}, \dots, L_{2k_j}^{1j}\}; \\
 F_{2j}^{rs} \oplus T_{2j}^{rs} &= L_{2j}^{rs} = \{L_{31}^{2j}, L_{32}^{2j}, \dots, L_{3k_j}^{2j}\}; \\
 F_{3j}^{rs} \oplus T_{3j}^{rs} &= L_{3j}^{rs} = \{L_{41}^{3j}, L_{42}^{3j}, \dots, L_{4k_j}^{3j}\}; \\
 F_{4j}^{rs} \oplus T_{4j}^{rs} &= L_{4j}^{rs} = \{L_{51}^{4j}, L_{52}^{4j}, \dots, L_{5k_j}^{4j}\}.
 \end{aligned}
 \tag{16}$$

Это дает возможность существенно уменьшить длину теста для верхнего компонента дерева, а также определить локальные тесты для вершин более низкого уровня. Плата за такие удобства – доступность каждого модуля иерархической системы по входам и выходам, благодаря технологии граничного сканирования. Кроме того, иерархия позволяет значительно уменьшить количество рассматриваемых (моделируемых и диагностируемых) дефектов за счет разделения целостного объекта на части. Уменьшается также общая длина теста и время его построения. Если учесть, что вычислительная сложность решения задачи синтеза теста есть функция от количества эквивалентных вентилях ($Q = n^2$), то для устройства, содержащего миллион линий, данная оценка будет иметь значение $Q = 10^{12}$. Если же разбить устройство на 100 компонентов, то вычислительная сложность синтеза тестов будет определяться оценкой $Q = 100 \times (10^4)^2 = 10^{10}$. Аналогично может быть существенно уменьшен объем таблиц неисправностей при иерархическом описании модели объекта. Суммарный объем всех таблиц дефектов компонентов всегда будет значительно меньше, чем наличие одной для всей цифровой системы.

Еще одна стратегия подготовки теста для системы связана с рассмотрением моделей нижнего уровня иерархии. Для каждого IP-cores строится тест проверки неисправностей константного типа. Затем, поднимаясь по иерархии вверх, уже построенные тесты объединяются в соответствии с их принадлежностью к чипу, плате, крейту.

Следующая структура взаимодействия технологии граничного сканирования и иерархической модели объекта иллюстрирует возможность доступа ко входам и выходам каждого компонента цифровой системы в процессе выполнения процедуры диагностирования (рис. 3).

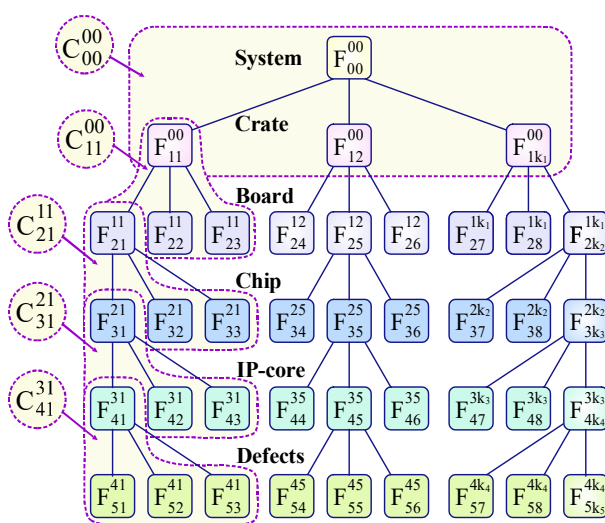


Рис. 3. BS-wrapper иерархической модели цифровой системы

Модель В/S-контроллера является универсальной по отношению к одной родительской вершине и ближайшим ее компонентам-преемникам:

$$F_{ij}^{rs} = \{F_{i+1,1}^{ij}, F_{i+1,2}^{ij}, \dots, F_{i+1,k_j}^{ij}\}. \quad (17)$$

Например, контроллер: $C_{31}^{21} \approx F_{31}^{21} = \{F_{41}^{31}, F_{42}^{31}, F_{43}^{31}\}$ (см. рис. 3), осуществляет сканирование данных в пределах одного чипа, содержащего три функциональных блока – IP-cores: $\{F_{41}^{31}, F_{42}^{31}, F_{43}^{31}\}$. Распространив влияние формулы (17) на модель системы (рис. 4), можно получить иерархическую структуру В/S- контроллеров.

Несмотря на кажущуюся сложность такой архитектуры, аппаратурная избыточность В/S-системы тестирования и диагностирования составляет порядка 2-5 % от общей функциональности, что является допустимым для современных chip set таких фирм как Xilinx, Altera, и привлекательным для заказчиков сложных систем управления критическими технологиями. Что касается ухудшения характеристик быстродействия функциональных модулей, то он составляет не более 0,5% от расчетных характеристик, без использования технологий граничного сканирования. Однако существуют определенные временные затраты при выполнении диагностического эксперимента, связанные со сканированием входных и выходных данных к конкретному блоку. Процесс замедления тестирования зависит от количества наблюдаемых точек (разрядов регистров граничного сканирования) и связан с ним следующим выражением:

$$Q(F) = \sum_{j=1,5} k_j \times p_j \times t^*. \quad (18)$$

Здесь k_j – число регистров граничного сканирования на j -м уровне иерархии; p_j – количество разрядов в регистрах j -го уровня иерархии; t^* – время сдвига информации в регистре. При наличии в проекте 1 000 000 эквивалентных вентилях число наблюдаемых линий может достигать 1 000. В данном случае аппаратурная избыточность будет равна 2,1%, скорость тестирования системы уменьшится в 1 000 раз и составит не более 100 мс/ тест-вектор.

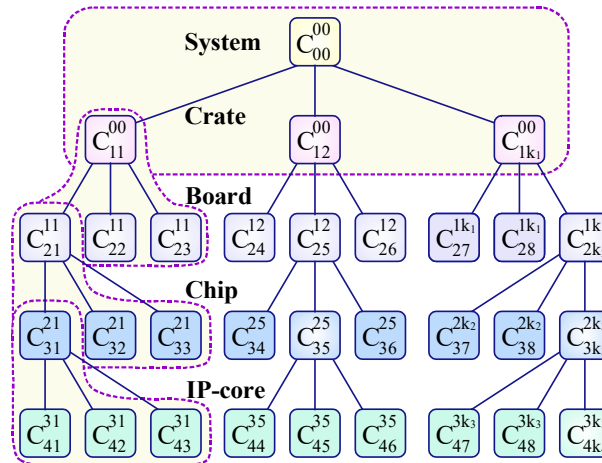


Рис. 4. Иерархическая структура В/S-контроллеров сложной системы

Основная идея стандартов граничного сканирования – легко наблюдать и управлять внутренними линиями изделия за счет введения избыточности в виде Boundary Scan регистра и Test Access Port контроллера. Естественно, что первоначально ориентированная на диагностирование межсоединений на платах стратегия граничного сканирования далее получила распространение как вверх по иерархии, до сложных цифровых систем на крейтах, так и вниз – до функциональных модулей микросхемы, обозначенных IP-cores. Архитектуры сканирования информации (входные тесты и реакции линий на них) в процессе тестиро-

вания и диагностирования близки по идеологии, но отличаются лишь точкой их приложения – различным объектом тестирования. Типовая В/С- структура представлена на рис. 5. Она ориентирована на решение задач тестирования и диагностики внутри одного чипа размерностью более 1 000 000 вентиляей. Функциональность микросхемы разбивается на отдельные модули, для которых строятся тесты и алгоритмы диагностирования. Другое возможное решение не связано с разбиением – наблюдаемыми (управляемыми) становятся критические внутренние линии, которые находятся с помощью известных методов оценки тестопригодности (управляемость, наблюдаемость) [11,25]. Данная структура может быть использована для проверки межсоединений на плате, тестирования и поиска дефектов внутри каждой микросхемы, для диагностики плат, объединенных понятием крейта или шкафа, для тестирования разнесенных в пространстве компонентов системы (компьютеры и крейты), объединенных понятием информационной сети.

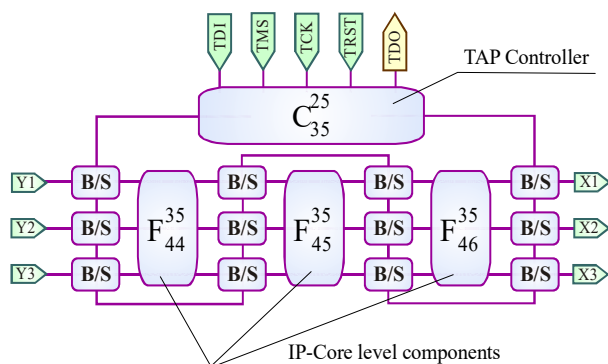


Рис. 5. Структурные схемы IEEE стандартов сканирования

Общая модель процесса тестирования сложной иерархической цифровой системы в целях проверки работоспособности и установления места и вида дефекта имеет вид, представленный на рис.6. Используются тесты проверки неисправностей и функциональности, которые не дают возможности точно установить диагноз относительно компонентов нижнего уровня. Процедура проверки начинается с тестирования функциональности системы. В случае фиксации ошибки тест-процессор опускается на уровень ниже и последовательно проверяет все крейты. При определении неисправности в одном из них процессор переходит к тестированию и поиску неисправной платы. После нахождения таковой выполняется проверка каждой микросхемы на ней. При нахождении неисправного чипа осуществляется поиск дефектного IP-core. Последний этап поиска в нем ориентирован на определение неисправной линии или элемента. На любом уровне иерархии, если глубина диагностирования удовлетворяет пользователя (D+), возможна замена дефектного компонента или конструктива – восстановление работоспособности (BP) – с последующим возвратом к тестированию компонента и объекта в целом.

Принципы организации системы тестирования:

- 1) Использование наиболее подходящих IEEE стандартов [8-14] для верификации компонентов рассматриваемого уровня.
- 2) Установление диагноза заданной глубины в автоматическом режиме, без использования условных алгоритмов поиска дефектов.
- 3) Диагноз выполняется при условии, что только один компонент может быть неисправным.
- 4) После восстановления работоспособности процедура тестирования начинается всегда с верхнего уровня иерархии к нижнему – нисходящее диагностирование.
- 5) Процедура тестирования может начинаться с любого уровня иерархии и заканчиваться на уровне, желаемом разработчиком.

Предложенная модель тестирования дает возможность обнаруживать одиночный дефект и, по меньшей мере, один из кратных, присутствующий в системе [11,24].

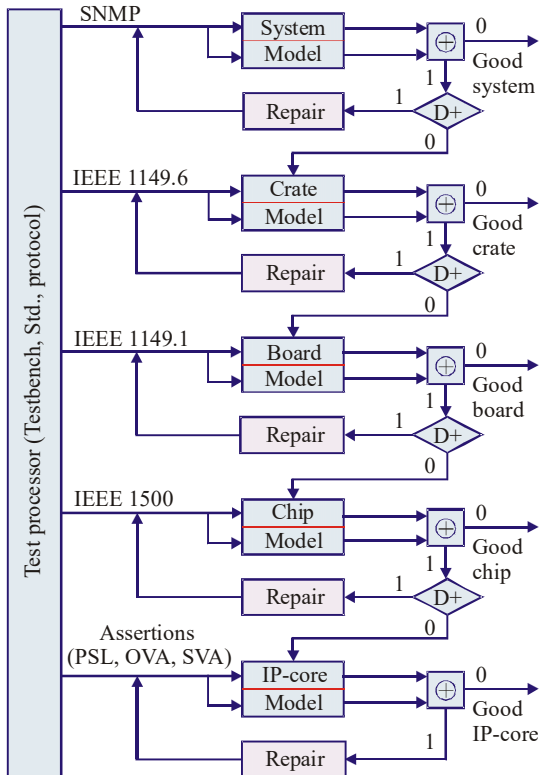


Рис. 6. Структура тестирования цифровой системы

4. Заключение

Рассмотрены международные стандарты общества IEEE, пригодные для тестирования и диагностирования программно-технических комплексов и электронных цифровых систем широкого профиля: начиная от функциональных компонентов внутри интегральной схемы и заканчивая сложными системами, состоящими из печатных плат, крейтов.

Рассмотренные стандарты IEEE Std 1149.1, 1149.4, 1149.6 и 1500 и технические предложения SJTAG предоставляют широкие возможности для решения задач: тестирование функциональности компонента; тестирование соединений на печатной плате; тестирование функционирования системы на печатной плате; тестирование системы, состоящей из печатных плат, крейтов.

Объектами тестирования являются: аналоговые и цифровые модули; компоненты смешанного типа; дискретные элементы; печатные платы и крейты, состоящие из перечисленных выше компонентов.

Научная новизна полученных результатов заключается в разработке ad hoc технологий, моделей и методов тестирования, объединяющих существующие IEEE стандарты со специальными схемотехническими решениями, позволяющими

в несколько раз уменьшить время диагностирования сложных цифровых систем управления критическими технологиями [5-7,21-23]:

1) Представлены аналитическая и структурная модели диагностирования сложных цифровых систем, ориентированные на выполнение тестового эксперимента в реальном масштабе времени с использованием средств моделирования неисправностей, которые дают возможность точного установления диагноза за несколько секунд.

2) Разработан блочно-иерархический метод тестирования и диагностирования программно-технических комплексов на основе представления сложной системы в виде иерархии более простых блоков, для которой разработана сеть контроллеров граничного сканирования, дающая возможность управлять процессом тестирования сложных объектов в реальном масштабе времени и существенно (на 50-70%) уменьшать время проектирования и верификации цифровых изделий.

3) Предложен метод диагностирования дефектов в сложных цифровых системах на основе использования совокупности таблиц неисправностей и процедуры ее теоретико-множественного анализа, который предполагает разбиение объекта на четыре уровня иерархии, что существенно (в десятки и сотни раз) уменьшает объем диагностической информации.

Таким образом, технологии граничного сканирования позволяют разработчикам быть на уровне современных требований и тенденций при проектировании, верификации, отладке, изготовлении, тестировании, внутрисхемном программировании и эксплуатации различных систем. Соответствие конечного программного и/или аппаратного продукта международным стандартам IEEE – залог его успешного продвижения на мировом рынке.

Практическая значимость заключается в существенном (на 50-70%) уменьшении времени поиска дефектов в сложной цифровой системе на основе использования предложенной иерархической модели процесса диагностирования и специальных технологий граничного сканирования IEEE стандартов проектирования [8-14,21-23].

Список литературы: 1. *Grant Martin*. The Reuse of Complex Architectures. IEEE Design and Test of Computers. November-December 2002. P. 4-6. 2. *Rajesh K. Gupta and Yervant Zorian*. Introducing Core-Based System Design. IEEE Design & Test of Computers. November-December 1997. P. 15-25. 3. *Yervant Zorian*. What is Infrastructure IP? IEEE Design & Test of Computers. May-June 2002. P. 5-7. 4. *L. Benini and G. D. Micheli*. Networks on chips: A new soc paradigm. IEEE Computer. 2002. Vol. 35, No. 1. P. 70-78. 5. *Ястребенецкий М.А., Васильченко В.М. и др.* Безопасность атомных станций. Информационные и управляющие системы /Под ред. М.А. Ястребенецкого. К.:Техніка. 2004. 472 с. 6. *Горелик А.Х., Елисеев В.В., Орловский В.А.* Опыт разработки новых и поэтапной реконструкции действующих информационно-вычислительной системы энергоблоков с реактором ВВЭР-1000 // Ядерная и радиационная безопасность. 2005. №1. С. 91-96. 7. *Елисеев В.В., Ларгин В.А., Пивоваров Г.Ю.* Программно-технические комплексы АСУ ТП. Учебное пособие. Киев: Издательско-полиграфический центр «Киевский университет». 2003. 429 с. 8. IEEE P1500/D11. January 2005. Draft Standard Testability Method for Embedded Core-based Integrated Circuits. New York. 2005. 138 p. 9. *Yervant Zorian*. Advances in Infrastructure IP. IEEE Design & Test of Computers. May-June 2003. P. 49-56. 10. *Yervant Zorian*. Test Requirements for Embedded Core-Based Systems and IEEE P1500. In Proceedings IEEE International Test Conference (ITC). Washington, DC. November 1997. IEEE Computer Society Press. P. 191-199. 11. *Abramovici M., Breuer M.A. and Friedman A.D.* Digital systems testing and testable design. Computer Science Press. 1998. 652 p. 12. IEEE Std 1149.1-2001. Standard Test Access Port and Boundary-Scan Architecture. New York. 2001. 208 p. 13. IEEE Std 1149.4-1999. IEEE Standard for a Mixed-Signal Test Bus. New York., 2000. 84 p. 14. IEEE Std 1149.6-2003. Standard for Boundary-Scan Testing of Advanced Digital Networks. New York. 2003. 139 p. 15. *S.Park, T.Kim*. A new IEEE 1149.1 boundary scan design for the detection of delay defects.—*Proc. DATE'2000*. P. 458-462. 16. *Stephen Pateras*. IP for Embedded Diagnosis. IEEE Design and Test of Computers. 2002. P. 46-56. 17. *Hemmady S.G., Anderson T.L., Zorian Y.* Verification and Testing of Embedded Cores. Proc. Design SuperCon. On-Chip Design. 1997. P 119-122. 18. *Yervant Zorian, Erik Jan Marinissen, and Sujit Dey*. Testing Embedded Core-Based System Chips. In Proceedings IEEE International Test Conference (ITC). Washington. 1998. IEEE Computer Society Press. P. 130-143. 19. *Yervant Zorian*. Advances in Infrastructure IP. IEEE Design & Test of Computers. 2003. P. 49. 20. *Harry Bleeker, Peter van den Eijnden, and Frans de Jong*. Boundary-Scan Test – A Practical Approach. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. The Netherlands. 1993. 264 p. 21. *Alexandr Yegorov, Irina Hahanova, Olga Melnikova, Vladimir Yeliseyev*. Eda-Market and Soc Design Verification Technologies. Proceedings of the 8th International Conference CADSM 2005. Lviv, Ukraine. 2005. P. 352-355. 22. *V. Hahanov, V. Obrizan, V. Yeliseev, V. Ghribi*. Hierarchical testing of complex digital systems. Proceedings of the International Conference TCSET 2006.- Lviv, Ukraine. 2006. P. 426-429. 23. *Хаханов В.И., Елисеев В.В., Обризан В.И., Ваде Гриби, Хасан Ктиаман*. Ассерт-метод верификации цифровых систем на основе стандарта IEEE 1500 SECT // АСУ и приборы автоматики. 2005. Вып. 132. С. 93-105. 24. *Автоматизация диагностирования электронных устройств / Ю.В.Малышенко и др. / Под ред. В.П. Чипулиса. М.: Энергоатомиздат. 1986. 216с. 25. Беннеттс Р. Дж.* Проектирование тестопригодных логических схем. М.: Радио и связь. 1990. 175 с.

Поступила в редколлегию 11.12.2006

Елисеев Владимир Васильевич, директор ЗАО "Северодонецкое НПО "Импульс", доцент Северодонецкого технологического института, канд. техн. наук. Научные интересы: компьютерная инженерия, программно-технические комплексы систем контроля и управления. Адрес: Украина, 93405, Северодонецк Луганской обл., пл. Победы, 2, тел. (06452) 2-95-87.

Хаханов Владимир Иванович, д-р техн. наук, профессор кафедры АПВТ ХНУРЭ. Научные интересы: техническая диагностика вычислительных устройств, систем, сетей и программных продуктов. Увлечения: баскетбол, футбол, горные лыжи. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 70-21-326. E-mail: hahanov@kture.kharkov.ua

Парфентий Александр Николаевич, аспирант кафедры АПВТ ХНУРЭ. Научные интересы: техническая диагностика цифровых устройств. Увлечения: английский язык, автопутешествия. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 70-21-326.

Хаханова Анна Владимировна, аспирантка кафедры АПВТ ХНУРЭ. Научные интересы: техническая диагностика цифровых устройств. Увлечения: аэробика, музыка, автопутешествия. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 70-21-326.

РЕФЕРАТИ

УДК 615.47

Проектування автоматизованих систем для трепанації черепа / О.Г. Аврунін, Т.В. Носова // АСУ та прилади автоматики. 2007. Вип. 138. С.4-9.

Наведено принципи організації автоматизованих систем для проведення трепанації черепа. Згідно з проведеними дослідженнями визначено функціональні та структурні особливості кожного модуля даної системи, можливості обчислення основних параметрів для виконання трепанації та виконано обґрунтований вибір оптимального режиму сверління з використанням автоматичного трепану. Сформовано основні медико-технічні вимоги щодо проектування автоматизованих хірургічних систем для проведення трепанації черепа людини.

Іл.3. Бібліогр.: 11 назв.

UDC 615.47

Development of the automatically systems for cranium trepanation / O.G. Avrunin, T.V. Nosova // Management Information System and Devises. 2007. N 138. P.4-9.

The principles of building of automatically systems for cranium trepanation are described. Medical and technical characteristics of this system are investigated. Optimal characteristics for controller of the automatically trepan are described.

Fig. 3. Ref.: 11 items.

УДК 519.246.8

Інтелектуальна система вибору методу прогнозування стохастичних рядів в умовах гетероскедастичності / А.М. Одейчук, Б.В. Шамша, Є.Г. Федоров // АСУ та прилади автоматики. 2007. Вип. 138. С.9-14.

Описана розробка інтелектуальної системи вибору методу прогнозування в умовах гетероскедастичності. Розроблено схему інтелектуальної системи. Для визначення методу обробки даних було вперше запропоновано використовувати дерево рішень. Побудовано дерево рішень на основі алгоритму C&RT, що є основою інтелектуальної системи. Запропоновані рішення пройшли апробацію при складанні наукового прогнозу фінансового часового ряду офіційного курсу гривні стосовно долара США.

Іл.2. Бібліогр.: 7 назв.

UDC 519.246.8

Intellectual system for choosing the forecasting method of stochastic series in conditions of heteroscedasticity / A.M. Odeychuk, B.V. Shamsha, E.G. Fedorov // Management Information System and Devises. 2007. N 138. P.9-14.

The article is devoted to development of intellectual system for choosing the forecasting method in conditions of heteroscedasticity. The scheme of intellectual system has been developed. For the first time the decision tree was offered to use for choosing the data processing method. The decision tree is built on the basis of algorithm C&RT, which is the core of the intellectual system. Testing of the offered decisions has taken place under building of scientific forecasting of financial time series for official exchange rate of Ukrainian hryvna (UAH) to U.S. dollar.

Fig. 2. Ref.: 7 items.

УДК 519.854.2

Підвищення ефективності алгоритмічного забезпечення ієрархічної автоматизованої системи планування та управління проектами завдяки точному розв'язанню задачі мінімізації сумарного запізнення виконання завдань / О.А. Павлов, О.Б. Мисюра, О.А. Халус // АСУ та прилади автоматики. 2007. Вип. 138. С.15-17.

Розглянуто структуру і принципи побудови алгоритмічного забезпечення ієрархічної автоматизованої системи планування та управління проектами (ІАСПУП), яке представлено системою високоефективних взаємозв'язаних алгоритмів розв'язання задач планування та управління проектами за різними критеріями. В склад алгоритмічного забезпечення системи входить NP-складна задача мінімізації сумарного запізнення виконання незалежних завдань одним приладом (МСЗ). Показано, що від ефективності розв'язання задачі МСЗ суттєво залежить ефективність роботи системи ІАСПУП у цілому.

Іл. 1. Бібліогр.: 5 назв.

UDC 519.854.2

Increasing effectiveness of the algorithmic maintenance of the hierarchical automated system for projects planning and management due to exact solution of the one machine problem of minimization the total tardiness of independent tasks / A.A.Pavlov, E.B.Misura, E.A.Khalus // Management Information System and Devises. 2007. N 138. P.15-17.

This article considers the structure and principles of the algorithmic maintenance construction of the hierarchical automated system for projects planning and management (HASPPM) presented by system of highly effective interconnected algorithms for the solution of projects planning and management problems by different criteria. The structure of algorithmic maintenance of the system includes the NP-hard one machine problem of minimization the total tardiness of independent tasks with due dates (TTM). It is shown that the overall performance of HASPPM as a whole essentially depends on efficiency of the solution of TTM.

Fig. 1. Ref.: 5 items.

УДК 621.391

Стиснення відеоданих на основі кодування трансформант / В.І. Хаханов, В.В. Баранник, І.В. Хаханова // АСУ та прилади автоматики. 2007. Вип. 138. С.18-23.

Створено компактне представлення відеоданих, що засновано на принципово новому підході до процесів усунення надмірності в трансформантах ортогональних перетворень. Розроблено поліадичне кодування трансформант ортогональних перетворень. Стиснення зображень досягається в результаті скорочення комбінаторної надмірності в трансформантах ортогональних перетворень.

Іл. 4. Бібліогр.: 5 назв.

UDC 621.391

Data compression based on transformant encoding / V.I. Hahanov, V.V. Barannik // Management Information System and Devises. 2007. N 138. P.18-23.

The compact presentation of videoinformation, based on on principle new approach to the processes of removal of surplus in transformant orthogonal transformations, is created. The polyadical encoding of transformant orthogonal transformations is developed. It is achieved the compression of images as a result reduction of combinatorial surplus in transformant orthogonal transformations.

Fig. 4. Ref.: 5 items.

УДК 004.891

Задачі контролю за рухом активів страхової компанії / Е. Г. Новаковська, С. В. Дьоміна // АСУ та прилади автоматики. 2007. Вип. 138. С.24-30.

Поставлені і формалізовані задачі підсистем планування системи контролю за рухом активів страхової компанії, які дозволяють розробити економіко-математичні моделі оптимального формування портфеля активів страхової компанії.

Бібліогр.: 3 назви.

UDC 004.891

Control tasks after motion of assets insurance company / E.G. Novakovskaya, S. V. Dyomina // Management Information System and Devises. 2007. N 138. P.24-30.

The problems of subsystems of planning of the checking system after motion of assets of insurance company are setting and formalized in the article, which allow to develop the mathematical models of optimum portfolio construction of assets of insurance company.

Ref.: 3 items.

УДК 681.32

Тривимірний міський геоінформаційний простір / В.Д. Шипулін, І.М. Патракеєв, А.А. Євдокимов / АСУ та прилади автоматики. 2007. Вип. 138. С.31-34.

Розглянуто основні напрямки підвищення ефективності керування міськими територіями на основі технології тривимірної візуалізації географічних даних у сполученні з фотореалістичною візуалізацією будинків кварталу Харкова.

Іл. 3. Бібліогр.: 4 назви.

UDC 681.32

3-D city GIS-infrastructure / V.D. Shipulin, I.M. Patrakeev, A.A. Yevdokimov // Management Information System and Devises. 2007. N 138. P.31-34.

Main directions of cities management efficiency increasing are reviewed on the base of 3-D visualization of geo-data within photorealistic representation of Khakov building infrastructure.

Fig. 3. Ref.: 4 items.

УДК 65.011.056:004

Аналіз евристичних правил пошуку оптимального розкладу робіт в одиничному виробництві / В.М. Кузьменко, С.В. Таран // АСУ та прилади автоматики. 2007. Вип. 138. С.35-39.

На простому виробничому прикладі показано результати розв'язання задачі за допомогою евристичних правил. У вільній таблиці наведені недоліки цих правил. Запропоновано методику їх удосконалення, яка дозволяє побудувати розклади робіт згідно з критерієм оптимальності – мінімального часу виконання замовлення, скорочення часу очікування обслуговування для деталей та часу простою станків.

Табл. 2. Іл.1. Бібліогр.: 3 назви.

UDC 65.011.056:004

Analysis of heuristic rules of search of optimal operation schedule in the one-off production / V.M. Kuzmenko, S.V. Taran // Management Information System and Devises. 2007. N 138. P.35-39.

With the simple industrial example the results of solving the problem with the help of heuristic rules were shown. The drawbacks of these rules were shown in the summary table. Improvement technique for these rules is proposed, which enable to define according to criterion: the minimal time of execution of order, shortening part's waiting interval for handling and minimization of bench mill time.

Tab. 2. Fig.1. Ref.: 3 items.

УДК 004.942:681.513.672

Синтез структури програмно-апаратної моделі контролю системи автоматизованого управління газорозподільної станції / А.П. Собчак, П.Є. Єфременко // АСУ та прилади автоматики. 2007. Вип. 138. С.40-46.

Розроблена структура моделі контролю, яка є імітатором функціонування фізичного об'єкта. Спроектовано та проаналізовано варіант структури гнучкої моделі у вигляді динамічної системи взаємодіючих алгоритмів імітації роботи обладнання спільно з динамічною математичною моделлю функціонування усього об'єкта.

Табл. 2. Іл.3. Бібліогр.: 3 назви.

UDC 004.942:681.513.672

Synthesis of structure programmatic instrument room model of control the automated control system gas-distributing station / A.P. Sobchak, P.E. Yefremenko // Management Information System and Devises. 2007. N 138. P.40-46.

The structure of model of control, which is the imitator of physical object functioning, is developed. The variant of structure of flexible model as a dynamic system of interactive algorithms of imitation of equipment work is joint with the dynamic mathematical model of all object functioning, is designed and analysed.

Tab. 2. Fig. 3. Ref.: 3 items.

УДК 355.586: 65.012.122

Структури і типи моделей систем «людина – машина – середовище» / Б.В. Дзюндзюк, І.В. Наумейко, Н.М. Сердюк, Т.Є. Стиценко // АСУ та прилади автоматики. 2007. Вип. 138. С.47-50.

Розглянуто різні типи загальних моделей «людина-машина-середовище», кожна з яких адекватно описує деяку практично важливу якість об'єкта, а всі разом – описують об'єкт з погляду його безпечного функціонування. Подальша їх деталізація призводить до відомих та нових моделей підсистем.

Бібліогр.: 6 назв.

UDC 355.586: 65.012.122

Structures and model types of the «man -machine -environment» systems / B.V. Dzijundzjuk, I.V. Naumeyko, N.N. Serdjuk, T.E. Stytzenko // Management Information System and Devises. 2007. N 138. P.47-50.

Some types of general models for the «man -machine -environment» systems are considered, each of them adequately describing some practically important property of the object, and all together – an object in total regarding its safe functioning. This approach gives rise to some new models of subsystems.

Ref.: 6 items.

УДК 681.324

Матриця станів нелінійного регістра зсуву із зворотними зв'язками і її вплив на формування сигнатури / О.М. Рисований // АСУ та прилади автоматики. 2007. Вип. 138. С.50-54.

Розглянуто завдання визначення сигнатури нелінійними регістрами зсуву із зворотними зв'язками за станом стовпців матриці станів. Виведені формули визначення стовпців матриці станів, розрахунки ступенів матриці зв'язків і їх взаємний вплив.

Л. 1. Бібліогр.: 9 назв.

UDC 681.324

Matrix of the states of nonlinear shift register with feed-backs and its influence on forming of signature / A. Rysovaniy // Management Information System and Devises. 2007. N 138. P.50-54.

The task of determination of signature by nonlinear shift registers is examined with feed-backs on the state the columns of matrix of the states. Shown out formulas of determination of columns of matrix of the states, calculations of degrees matrices of connection and their mutual influencing.

Fig. 1. Ref.: 9 items.

УДК 681.518:681.327.8

Моделі та методи проектування інформаційних систем електронної комерції / А. Ю. Берко, В.А. Висоцька // АСУ та прилади автоматики. 2007. Вип. 138. С.55-66.

Проаналізовано основні моделі систем електронної комерції. Запропонована узагальнена модель таких систем. Інтернет-система електронної комерції - цілеспрямована множина об'єктів довільної природи з набором зв'язків між ними та між їх властивостями. Інакше кажучи, Інтернет-система електронної комерції - все, що складається з взаємопов'язаних частин. Приклади таких систем: Інтернет-магазин, Інтернет-аукціон, віртуальне підприємство, на якому поєднуються певні виробничі процеси, Інтернет-банк, Інтернет-видавництво, Інтернет-газета та ін.

Табл. 8. Л. 4. Бібліогр.: 14 назв.

UDC 681.518:681.327.8

Models and methods of projecting of electronic commerce systems models / A. Y. Berko, V. A. Vysotska // Management Information System and Devises. 2007. N 138. P.55-66.

Some problems of electronic commerce are analyzed in proposed paper. Generalized model of such kind systems are proposed. The Internet-system of electronic commerce – purposeful set of objects of the any nature with a set of connections between them and between their properties. In other words, the Internet-system of electronic commerce – everything, that consists of the interconnected parts. Examples of such systems: the Internet-shop, the Internet-auction, the virtual enterprise on which the certain productions are united, the Internet-bank, the Internet-publishing house, the Internet-newspaper etc.

Tab. 8. Fig. 4. Ref.: 14 items.

УДК 839.4:03

Проектування друкарських плат з урахуванням температурної дії / В.О.Повгородній // АСУ та прилади автоматики. 2007. Вип. 138. С.66-71.

Розглянуто питання визначення температурного поля та температурних напружень механічних конструкцій (пакетів плат з розміщеними на них електронними радіотехнічними елементами) бортової апаратури вітчизняних літаків. Температурне поле та поле температурних напружень визначаються за допомогою методу скінченних елементів. Результати, одержані для реальної конструкції за допомогою аналогового методу, порівнюються з результатами, одержаними за допомогою комплексу програм ANSYS. Основні результати роботи знайшли промислове застосування при проектуванні систем нового приладового устаткування для літаків України.

Л. 4. Бібліогр.: 3 назви.

UDC 839.4:03

The project of the printer 's plates with temperature load / V.O. Povgorodny // Management Information System and Devises. 2007. N 138. P.66-71.

The article devoted to problems of definition and study of temporal characteristics and temperature field of dampment of mechanical constructions of airborne hardware of home-made aircraft .The temperature field is definite with account temperature stress. The results for real rubber dampment compare with statistics of normative technical documents (the technical problem and the technical conditions). The results of calcuiactions of the thermal and stress state's are received by the finite element's method and the program's complex ANSYS. The main results of the work have been implemented in the project of the damping system's industrial production in developing new device aircraft's in Ukraine.

Fig. 4. Ref.: 3 items.

УДК 717.927

Методи послідовних наближень в застосуванні до крайових задач для нелінійних звичайних диференціальних рівнянь / С.В. Колосова, О.Г. Добринська // АСУ та прилади автоматики. 2007. Вип. 138. С.72-76.

До розв'язання крайових задач для нелінійних звичайних диференціальних рівнянь запропоновано застосування різних варіантів методу послідовних наближень. В одному з цих варіантів, побудованому на методах нелінійних операторних рівнянь в просторах з конусом, вдається отримати двосторонні наближення до розв'язку. Інший варіант дозволяє звести задачу до послідовності крайових задач для лінійних диференціальних рівнянь. Результати проведених обчислювальних експериментів порівнюються.

Табл. 2. Іл. 2. Бібліогр.: 3 назви.

UDC 517.927

Application of methods of successive approximations to the solving of boundary value problems for nonlinear ordinary differential equations / S.V. Kolosova, A.G. Dobrinska // Management Information System and Devises. 2007. N 138. P.72-76.

In this paper applying of different kinds of the successive approximations method to the solving of boundary value problems for nonlinear ordinary differential equations is suggested. One of them is based on the nonlinear operator equations methods in the space with cones. It allows us to get double-side approximations to the exact solution. Another method reduces given nonlinear problem to the sequence of boundary value problems for linear ordinary differential equations. Results obtained with the help of these two methods are compared.

Tab. 2. Fig. 2. Ref.: 3 items.

УДК 681.32:519.713

Аналіз та оптимізація продукційних експертних систем діагностики комп'ютерної техніки з використанням бінарних відносин / Г.Ф. Кривуля, Хабіс А.А. Зідат // АСУ та прилади автоматики. 2007. Вип. 138. С.76-85.

Розглянуто проблеми аналізу та оптимізації експертних систем для діагностики всіх можливих станів комп'ютерної техніки. Для формалізації експертних знань запропоновано використання комбінації продукційних систем і бінарних відносин. Ефективність запропонованого підходу доведена формально.

Табл. 7. Іл. 3. Бібліогр.: 17 назв.

UDC 681.32:519.713

Analysis and optimization of expert systems for diagnosis of computer equipment with using of binary relations / G.F. Krivyulya, Habes A.A. Zidat // Management Information System and Devises. 2007. N 138. P.76-85.

The problems of expert systems analysis and optimization for diagnosis of every possible states of computer equipment are considered. In order to formalize knowledge of experts, using of production systems in combination with binary relations is proposed. The efficiency of suggested approach is formally proven.

Tab. 7. Fig. 3. Ref.: 17 items.

УДК 519.713:681.326

Моделі діагностування ієрархічних систем на основі технологій граничного сканування / В.В. Єлисеєв, В.І. Хаханов, О.М. Парфентій, Г.В. Хаханова // АСУ та прилади автоматики. 2007. Вип. 138. С. 86-97.

Запропоновані моделі тестування складних програмно-технічних комплексів, орієнтовані на рішення задач діагностування в реальному масштабі часу. Моделі використовують технології граничного сканування IEEE стандартів для спостереження невихідних ліній і методи оцінки тестопридатності для визначення критичних місць у цифрових об'єктах. Моделі й методи орієнтовані на тестування розосереджених систем керування критичними технологіями.

Іл. 6. Бібліогр.: 25 назв.

UDC 519.713:681.326

Testing models of hierarchical systems based on boundary scan technology / V.V. Eliseev, V.I. Hahanov, A.N. Parfenty, A.V. Hahanova // Management Information System and Devises. 2007. N 138. P. 86-97.

Testing models of complex HW and SW systems for diagnosis problem solving in real time scale are suggested. Models are used boundary scan technologies of IEEE standards for observation of non output lines and testability evaluation methods for bottleneck definition in digital systems. Models and method are oriented for testing distributed control systems of critical technologies.

Fig. 6. Ref.: 25 items.

ПРАВИЛА

оформления рукописей для авторов научно-технического сборника

"АСУ и приборы автоматики"

Формат страницы — А4 (210x297мм), поля: сверху, справа, слева, снизу – 30 мм. Редактор: Pagemaker 6.0, 6,5 (можно, но нежелательно Word), гарнитура Times New Roman Cyr, кегль – 11 пунктов, межстрочное расстояние — 110 %, табуляция — 5 мм.

Объем рукописи – до 10 с. (языки: русский, украинский, английский). Содержание должно отражать актуальность исследования, постановку задачи, цель, сущность, научные и практические результаты, сравнение с лучшими аналогами, выводы.

Структура рукописи: заголовок, аннотация, текст, литература, реферат на украинском и английском языках, сведения об авторах.

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ

УДК 519.713

И.О. ФАМИЛИЯ

НАЗВАНИЕ РУКОПИСИ

Аннотация (абзац 5-10 строк, кегль 10) помещается в начале статьи и содержит информацию о результатах описанных исследований.

Основной текст можно разделять на 2 и более подразделов с заголовками, выделенными полужирным шрифтом, пронумерованными арабскими цифрами, как показано в следующей строке.

1. Название раздела

Рисунки и таблицы (черно-белые, контрастные) помещаются в текст после первой ссылки в виде *переносимых объектов* и раздельно нумеруются, при наличии более одного рисунка (таблицы), арабскими цифрами. Рисунок содержит подрисовочную центрированную подпись (текстовая строка, расположенная вне рисунка, кегль 10) под иллюстрацией, как показано на рис. 1.

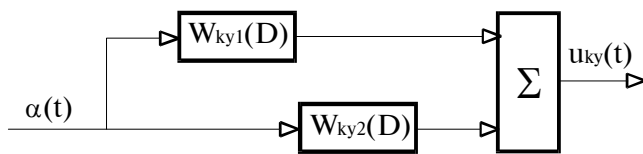


Рис. 1. Двухзвенная система

Табличный заголовок располагается справа над таблицей, что иллюстрируется табл.1. Редакторы: CorelDraw, Table Editor и др.

Формулы нумеруются при наличии ссылок на них в рукописи. Рекомендуемый кегль формульного набора:

обычный (переменная) – 11 пунктов, крупный индекс – 8, мелкий индекс (над- и подиндекс) – 8, крупный символ (основной) – 12, мелкий (индексный) математический символ – 10:

$$F_{i+j} = \sum_{i=1}^b F_j^i - \prod_{j=1}^{1+h^2} P_{R_{j+i}} + F^{j-1} + X^{\sum n^k} \quad (1)$$

Формат переменных (желательно не курсивом – без наклона) в тексте и формулах должен быть идентичным. В тексте над- и подиндексы составляют 70 % от кегля, которые рекомендуется опускать (поднимать) на 17 (33) % относительно основной строки.

Список литературы (включает опубликованные источники, на которые имеются ссылки в тексте, заключенные в квадратные скобки) печатается без отступа, кегль 9 пунктов.

Образец окончания текста рукописи (литература, сведения об авторах, реферат) представлен ниже.

Список литературы: 1. *Фамилия И.О.* Название книги. Город: Издательство, 1900. 000 с. 2. *Название сборника / Под ред. И.О. Фамилия.* Город: Издательство, 1900. 000 с. 3. *Фамилия И.О.* Название статьи / / Название журнала. Название серии. 1997. Т. 00, № 00. С. 00-00 .

Поступила в редколлегию 00.00.00

Фамилия, имя, отчество, ученая степень, звание, должность и место работы. Научные интересы. Адрес, контактный телефон.

Рефераты на украинском и английском языках. Текст аннотации не должен дублировать реферат.

УДК 000.000.00

Назва статті українською мовою / Ініціали. Прізвище // АСУ та прилади автоматики. 2000. Вип. 00. С. 000-000.

Текст реферату.

Табл. 00. Іл. 00. Бібліогр.: 00 назв.

UDC 000.000.00

Title of paper / Initials. Surname // Management Information System and Devices. All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. 2000. N 00. P. 000-000.

Text.

Tab. 00. Fig. 00. Ref.: 00 items.

Представление материалов

Рукопись, реферат, сведения об авторах — в одном файле, *поименованном фамилией первого автора*, на дискете 3,5 дюйма. Твердая копия материалов — для граждан Украины — в одном экземпляре: рукопись, подписанная авторами, рефераты, акт экспертизы, внешняя рецензия, подписанная доктором наук, заявление на имя главного редактора со сведениями об авторах.

Адрес редакции: Украина, 61166, Харьков, просп. Ленина, 14, ХНУРЭ, комната 321, тел. 70-21-326.

E-mail: hahanov@kture.kharkov.ua.

Тематика статей, публикуемых в сборнике:

- Компьютерная инженерия
- Математическое моделирование
- Оптимизация и процессы управления
- Автоматизация проектирования и диагностика
- Информационные интеллектуальные системы
- Проектирование интегральных схем и микросистем
- Компьютерные технологии в образовании

Відповідальний випусковий В.І. Хаханов
Редактор О.П. Гужва
Комп'ютерна верстка Г.В. Хаханова, С.В. Чумаченко

Підп. до друку 27.03.2007. Формат 60x84¹/₈. Умов. друк. арк. .
Обл.-вид. арк. 11,8. Тираж 300 прим.
Зам. № . Ціна договірна.

Харківський національний університет радіоелектроніки (ХНУРЕ).
Україна, 61166, Харків, просп. Леніна, 14.

Оригінал-макет підготовлено і збірник віддруковано
в навчально-науковому видавничо-поліграфічному центрі ХНУРЕ.
Україна, 61166, Харків, просп. Леніна, 14.

