

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

ISSN 0135-1710

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ПРИБОРЫ АВТОМАТИКИ

**Всеукраинский межведомственный
научно-технический сборник**

Основан в 1965 г.

Выпуск 163

Харьков
2013

СОДЕРЖАНИЕ

<i>В.И. ХАХАНОВ, BAGHDADI AMMAR AWNI ABBAS, С.В. ЧУМАЧЕНКО, А.С. ШКИЛЬ</i> КВАНТОВЫЕ СТРУКТУРЫ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ.....	4
<i>В.В. БАРАННИК, В.Н. КРИВОНОС, А.Э. МОСКВИН, Э.А. ПЛЕШКО</i> МЕТОД ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОМПОНЕНТ ТРАНСФОРМАНТ В ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ РЕКОНСТРУКЦИИ ВИДЕОДАНЫХ.....	18
<i>В.И. ХАХАНОВ, С.В. ЧУМАЧЕНКО, Е.И. ЛИТВИНОВА</i> СОСТОЯНИЕ IT-РЫНКА УКРАИНЫ (АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР).....	22
<i>В.В. БАРАННИК, Н.А. ХАРЧЕНКО, В.Н. КРИВОНОС</i> МЕТОД КОМПРЕССИИ ВИДЕОПОТОКА НА ОСНОВЕ ПОЛИАДИЧЕСКОГО КОДИРОВАНИЯ ПРЕДСКАЗЫВАЕМЫХ КАДРОВ.....	47
<i>А.П. ОКСАНИЧ, С.Э. ПРИТЧИН, М.Г. КОГДАСЬ, В.А. ТЕРБАН</i> УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА И АППАРАТУРЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ДИСЛОКАЦИЙ В ПОДЛОЖКАХ КРЕМНИЯ И АРСЕНИДА ГАЛЛИЯ.....	53
<i>Т.А. ЗАЙКО, А.О. ОЛІЙНИК, С.О. СУББОТІН</i> ІНДУКЦІЯ ЧИСЕЛЬНИХ АСОЦІАТИВНИХ ПРАВИЛ З ВРАХУВАННЯМ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ ЗНАЧУЩОСТІ ОЗНАК.....	60
<i>И.В. ГУРИНА, А.Я. КУЗЕМИН</i> МИНИМИЗАЦИЯ РИСКОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СЕТИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ.....	68
<i>А.А. ПЛУГИН, Л.Э. ЧАЛАЯ</i> МЕТОД АВТОМАТИЧЕСКОГО ГЕНЕРИРОВАНИЯ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ СПИСКОВ.....	77
<i>Д.А. БУЛАВИН</i> АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИИ, ОБУЧЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ КВАНТОВЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ.....	89
<i>К.С. ДЄЄВ</i> ВИВЧЕННЯ ХАРАКТЕРУ ВЗАЄМОДІЇ ТИПУ ТОЧКА-ТОЧКА ДЛЯ КЛАСИФІКАЦІЇ МЕРЕЖЕВОГО ТРАФІКУ.....	94
РЕФЕРАТЫ.....	101
ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ ДЛЯ АВТОРОВ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СБОРНИКА.....	105

КВАНТОВЫЕ СТРУКТУРЫ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ

Предлагаются теория и примеры реализации квантовых моделей, методов и алгоритмов для повышения быстродействия существующих программных и аппаратных средств анализа цифровых вычислительных устройств за счет увеличения размерности структур данных и памяти. Вводятся понятия, термины и определения, необходимые для понимания теории и практики квантовых вычислений. Описываются результаты исследований, касающихся моделей и методов квантового диагностирования цифровых систем, кубитного моделирования исправного поведения, восстановления работоспособности отказавших примитивов.

1. Введение

Эволюция киберпространства планеты условно делится на следующие периоды: 1) 1980-е годы – формирование парка персональных компьютеров (Computation); 2) 1990-е годы – внедрение Интернет-технологий в производственные процессы и быт человека (Internet); 3) 2000-е годы – повышение качества жизни за счет внедрения мобильных устройств и облачных сервисов (Mobility); 4) 2010-е годы – создание цифровой инфраструктуры мониторинга, управления и взаимодействия между собой (Internet of Things) стационарных и движущихся объектов (воздушный, морской, наземный транспорт и роботы); 5) 2015-е годы – создание глобальной цифровой инфраструктуры киберпространства, где все процессы, явления идентифицируются во времени и в трехмерном пространстве и становятся интеллектуальными (умными) Smart Everything. В связи с необходимостью развития зеленых технологий квантовые вычисления в последние годы становятся все более значимыми для анализа эволюционирующего кибернетического пространства, создания облачных Интернет сервисов благодаря их позитивной альтернативности существующим затратным по материалам, времени и энергии классическим моделям вычислительных процессов [1].

Рыночная привлекательность квантовых методов и кубитных моделей основывается на высоком параллелизме решения практически всех задач дискретной оптимизации, факторизации, минимизации булевых функций, эффективного сжатия, компактного представления и телепортации данных, отказоустойчивого проектирования за счет существенного повышения аппаратных затрат. Однако такая плата в настоящее время вполне допустима, поскольку рынок nano-электронных технологий предоставляет разработчикам цифровых систем до 1 миллиарда вентилях на кристалле размерностью 2x2 см при толщине пластины в 5 микрон. При этом современные технологии допускают создание пакета или «сэндвича», содержащего до 7 кристаллов, что соизмеримо с объемом нейронов головного мозга человека. Практически «беспроводное» соединение таких пластин основывается на технологической возможности сверления порядка 10 тысяч сквозных отверстий (vias) на 1 квадратном сантиметре.

Кроме того, появление трехмерных FinFETs транзисторов и основанных на них 3D-технологий реализации объемных цифровых систем предоставляет практически неограниченные аппаратные возможности для исследователей в части создания новых параллельных вычислительных устройств [2-7]. Поэтому можно и нужно использовать «жадные» к аппаратуре модели и методы для создания быстродействующих средств параллельного решения практических задач. Имея в виду дискретность и многозначность алфавитов описания информационных процессов, свойство параллелизма (одновременности процессов), заложенное в квантовых вычислениях, является особенно востребованным при создании эффективных и интеллектуальных «движков» для киберпространства, облачных структур и сервисов Интернета; средств синтеза отказоустойчивых цифровых

устройств; тестирования и моделирования цифровых систем на кристаллах; технологий защиты информации и компьютерных изделий. Здесь не рассматриваются физические основы квантовой механики, касающиеся недетерминированного взаимодействия атомных частиц [1], но при этом используется понятие информационного кванта как двоичного или многозначного вектора для совместного задания булеана состояний дискретной области киберпространства, определяющего высокий уровень параллелизма предлагаемых квантовых моделей и методов.

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

2. Квантовое диагностирование цифровых систем

Предлагается матричный метод квантового диагностирования функциональных нарушений и константных неисправностей в программных или аппаратных блоках, которые используют кубитные структуры данных, составляющих диагностическую информацию. Это дает возможность существенно уменьшить вычислительную сложность процессов моделирования и диагностирования за счет введения параллельных логических операций над матричными данными. Представлен квантовый метод исправного моделирования цифровых устройств с восстановлением работоспособности компонентов цифровой системы в режиме online, который имеет существенно более высокое быстродействие благодаря адресной реализации процедуры обработки функциональных примитивов, заданных Q -покрытиями.

Модель объекта диагностирования представлена в форме графа цифровой системы, которая имеет функциональные элементы, соединенные линиями связей. Среди них имеются ассерционные точки наблюдения, необходимые для верификации, тестирования и диагностирования неисправностей [2]. Диагностическая информация представлена компонентами:

- 1) Тест проверки или диагностирования неисправностей заданного класса, в данном случае рассматриваются одиночные константные дефекты $\{0, 1\}$ линий схемы.
- 2) Таблица неисправностей [6], строки которой задают векторы проверяемых на каждом тестовом наборе дефектов, привязанных к линиям схемы.
- 3) Матрица достижимостей, которая определяет достижимость каждой ассерционной точки со стороны множества предшествующих линий [8].
- 4) Матрица состояния ассерционного механизма или матрица экспериментальной проверки, которая определяет состояние каждой ассерции на тестовых наборах путем сравнения эталонной реакции в данной точке с реальным сигналом в процессе выполнения диагностического эксперимента [2,7].

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

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

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

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

Для рассмотрения сущности предлагаемого метода используется фрагмент цифровой схемы, представленной на рис. 1. Здесь имеются три ассерционных точки A, B, C для наблюдения за состоянием всех линий схемы в процессе тестирования (выполнения диагностического эксперимента) путем подачи пяти тестовых воздействий, заданных в таблице неисправностей $F(T)$. Координаты данной таблицы задают проверяемые на тест-векторах неисправности 0 и 1, а также имеются состояния координат: $\emptyset$ (.) – отсутствие проверяемых дефектов и X – проверка на линии константы 0 и 1 одновременно. Правая часть таблицы есть матрица состояний ассерционного механизма в виде результатов сравнения эталонной и реальной реакций цифрового устройства на тестовые наборы. 1 означает несравнение, 0 – совпадение упомянутых реакций.

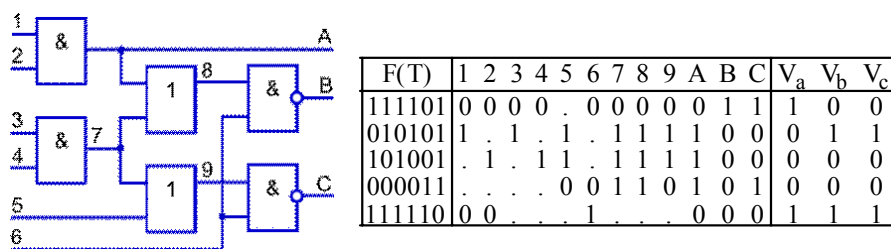


Рис. 1. Фрагмент цифровой схемы и таблица неисправностей

В таблице неисправностей не учитывается структура схемы для повышения глубины диагностирования на основе вычисления реальной матрицы состояний ассерционного механизма, которая совместно с матрицей достижимостей создает структурную маску, минимизирующую множество подозреваемых дефектов.

Для фрагмента цифровой схемы, представленной на рис. 1, матрица достижимостей имеет следующий вид:

S = S _{ij}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C
1	1	1	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.
2	1	1	1	1	.	1	1	1	.	.	1	.
3	.	.	1	1	1	1	1	.	1	.	.	1

Здесь выходы-ассерции A,B,C являются мониторами технического состояния объекта диагностирования. Каждый из них может иметь два состояния:

$A_{ij} = \{0,1\}, A_{ij} = T_i \oplus U_j$, которые формируют маску возможных дефектов с помощью следующего выражения: $S(T_i) = \Delta = (\bigvee_{A_j=1} S_j) \wedge (\bigvee_{A_j=0} \overline{S_j})$. Каждый тест-вектор (-сегмент)

активизирует собственную структуру, поэтому маска возможных дефектов функционально зависит от структуры, ассерций (состояния наблюдаемых выходов) и тестовых наборов:

$S = f(S, A, T_i)$. Если предположить, что в матрице $S = S_{ij}$ состояния выходов равны (A,B,C) = (011), где значение 1 идентифицирует проявление дефекта в устройстве, то маска возможных дефектов будет иметь следующий вид:

$$S = (S_2 \vee S_3) \wedge (\overline{S_1}) = (111101110010 \vee 0011111101001) \wedge (\overline{110000000100}) = \\ = (111111111011) \wedge (001111111011) = (001111111011).$$

Полученная маска накладывается на первую строку таблицы неисправностей, что определяет множество подозреваемых дефектов, формирующих ассерционную выходную реакцию (A,B,C) = (011) устройства на первый тест-вектор:

Test \ Faults	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C
T1	0	0	0	0	.	0	0	0	0	0	1	1
SI	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
T1(SI)	.	.	0	0	.	.	0	0	0	.	1	1

В соответствии с предложенной процедурой получения маски одной строки выполняется построение матрицы структурной активизации неисправностей S(T) на основе использования таблицы экспериментальной проверки, задающей состояния ассерционного механизма в процессе выполнения тестирования:

S = S _{ij}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C
1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.
2	1	1	1	1	.	1	1	1	.	.	1	.
3	.	.	1	1	1	1	1	.	1	.	.	1

 Δ

T \ A	A	B	C	A(T)
T1	1	0	0	1
T2	0	1	1	1
T3	0	0	0	0
T4	0	0	0	0
T5	1	1	1	1

 $=$

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

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

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

 $\triangleright$

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

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

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

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

Она скорректирована относительно инверсии состояния 00 в 11 при единичном значении сигнала активизации неисправности, потому что такой код (00) означает присутствие в схеме на линии пустого множества проверяемых дефектов, что невозможно. Но код 00 еще блокирует все вычисления конъюнкции по столбцу, превращая результат в 00. Инверсия кода дает возможность не маскировать при логическом умножении действительно присутствующих дефектов, любых знаков. При этом предполагается, что невозможно тест-вектором проверить на одной линии схемы дефекты разных знаков.

Выполнение процедуры суперпозиции структурной матрицы с кодированной таблицей неисправностей в соответствии с #-операцией дает следующий результат:

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

 $\xrightarrow{\#}$

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

 $=$

F(T)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C
$\wedge$	10	10	01	01	11	01	01	01	01	10	10	10
	10	11	01	11	01	11	01	01	01	10	10	10
	11	10	11	10	10	11	10	10	10	10	01	01
	11	11	11	11	01	01	10	10	01	10	01	10
	10	10	11	11	11	01	11	11	11	10	10	10
F(C) =	10	10	01	00	00	01	00	00	00	10	00	00
F =	0	0	1	.	.	1	.	.	.	0	.	.

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

$$F(T_i) = \left(\bigvee_{A_j=1} F_j \right) \wedge \left(\bigvee_{A_j=0} \bar{F}_j \right) = \left(\bigwedge_{A_j=1} F_j \right) \wedge \left(\bigvee_{A_j=0} \bar{F}_j \right) = \left(\bigwedge_{A_j=1} F_j \right) \wedge \left(\bigwedge_{A_j=0} \bar{F}_j \right) = \left(\bigwedge_{j=1}^n F_j \right).$$

Это дает возможность точно определить все дефекты, присутствующие в объекте диагностирования, которые представлены в двух нижних строках приведенной выше кодированной таблицы неисправностей $F(T)$: $F = \{1^0, 2^0, 3^1, 6^1, A^0\}$.

Теоретическое доказательство матричного диагностирования одиночных и кратных дефектов представлено ниже в виде двух теорем.

Теорема 1. Одиночные константные дефекты цифровой схемы, заданные кубитами (двухразрядными векторами) на тестовых наборах многозначной таблицы неисправностей, определяются с помощью векторной and-операции, маскируемой по строкам вектором экспериментальной проверки $A(T)$ всех ассерционных точек:

$$F(T_i) = (\bigvee_{A_j=1} F_j) \wedge (\overline{\bigvee_{A_j=0} F_j}) = (\bigwedge_{A_j=1} F_j) \wedge (\bigwedge_{A_j=0} \bar{F}_j) = (\bigwedge_{j=1}^n F_j).$$

Выражение является верным, потому что: 1) второй сомножитель – чистая математика – отрицание дизъюнкции есть конъюнкция отрицаний, что означает умножение кодов таблицы с их предварительным отрицанием; 2) первый сомножитель ориентирован на поиск непротиворечивых дефектов, поэтому он заменяется на $\bigwedge_{A_j=1} F_j$. Действи-

тельно, на одной линии или переменной не могут присутствовать одновременно две противоположных по знаку проверяемых неисправности. Поэтому в базовой формуле дизъюнкция дефектов $\bigvee_{A_j=1} F_j$ в большей степени ориентирована на поиск кратных

неисправностей, но не связанных с одной линией. Кратность противоречивых дефектов на одной линии, равно как и инверсия пустого множества неисправностей, теоретически создает условия беспрепятственного умножения других ячеек столбца в целях формирования на каждой линии результата в виде дефекта одного знака или пустого множества неисправностей.

Теорема 2. *Кратные константные дефекты цифровой схемы, заданные кубитами на тестовых наборах многозначной таблицы неисправностей, определяются с помощью векторных or- and- операций, маскируемых по строкам вектором экспериментальной проверки $A(T)$ всех ассерционных точек:*

$$F(T_i) = (\bigvee_{A_j=1} F_j) \wedge (\overline{\bigvee_{A_j=0} F_j}) = (\bigvee_{A_j=1} F_j) \wedge (\bigwedge_{A_j=0} \bar{F}_j).$$

Выражение является верным, потому что: 1) второй сомножитель есть отрицание дизъюнкции или конъюнкция отрицаний, что означает умножение кодов таблицы с их предварительным отрицанием; 2) первый сомножитель ориентирован на поиск кратных дефектов в предположении, что на одной линии или переменной могут присутствовать одновременно две противоположные по знаку проверяемые неисправности. Данная формула в большей степени ориентирована на поиск кратных дефектов в блоках цифровых систем, не связанных с одной линией. Кратность неисправностей в цифровой системе теоретически создает условия для логического сложения других ячеек столбца в целях формирования результата в виде множества дефектов, формирующих заданный вектор экспериментальной проверки, из которых необходимо вычесть проверяемые на тесте неисправности, которые не влияют на формирование некорректных реакций по выходам.

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

$$F(T_i) = (\bigvee_j F_j) \oplus A = 0.$$

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

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

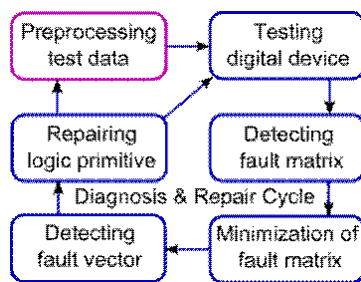


Рис. 2. Цикл диагностирования и ремонта логических блоков

1. Препроцессирование. Генерирование исходной диагностической информации в виде теста диагностирования, таблицы неисправностей и матрицы достижимостей цифровой системы.

2. Тестирование реального устройства на основе использования промышленного симулятора в целях сравнения фактических реакций устройства с эталонными значениями по наблюдаемым линиям-ассерциям, что дает возможность сформировать матрицу выходных реакций или вектор экспериментальной проверки в двоичном алфавите.

3. Вычисление матрицы активности графовой структуры на каждом входном тестовом наборе, равной по размерности таблице неисправностей, с помощью матрицы экспериментальной проверки и матрицы достижимостей, что дает возможность существенно сократить область подозреваемых дефектов.

4. Модификация содержимого таблицы неисправностей путем ее маскирования матрицей активности графовой структуры, в целях определения только тех неисправностей, которые действительно формируют матрицу экспериментальной проверки в процессе диагностирования.

5. Выполнение процедуры логического умножения над строками таблицы неисправностей для получения вектора подозреваемых дефектов.

6. Восстановление работоспособности цифрового устройства путем переадресации неисправных логических компонентов на их аналоги из ремонтного запаса и повторение процесса тестового диагностирования.

3. Квантовое моделирование цифровых систем

Рассматриваются структуры данных, эффективные с точки зрения программной или аппаратной реализации исправного моделирования дискретных систем, описанных в форме кубитных векторов. Для описания цифровой схемы, представленной на рис. 3, необходимо иметь структуру взаимосвязанных элементов и кубическое покрытие логического элемента И-НЕ.

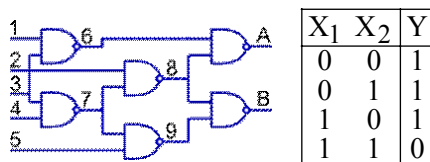


Рис. 3. Фрагмент цифровой схемы

Данное покрытие можно трансформировать с учетом унитарного кодирования входных векторов. Для этого необходимо использовать двухтактный алфавит [4,5,6,7] описания автоматных переменных, представляющий собой булеан на универсуме из четырех примитивов:

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

Любое покрытие функционального одновыходового примитива всегда имеет лишь два куба. Они показывают не только все решения, но и инверсию сигналов на выходе, что интересно с позиции активизации всех логических путей в схемной структуре. Например, в

следующем кубитном покрытии вентиля для изменения состояния выхода необходимо создать на входах пару следующих друг за другом условий, где в первом такте должны быть первые три вектора (адреса), а во втором – четвертый вектор, формируемый двумя входными переменными:

$$\begin{bmatrix} 00 & 1 \\ 01 & 1 \\ 10 & 1 \\ 11 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} Q & 1 \\ E & 1 \\ H & 1 \\ J & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V & 1 \\ J & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1110 & 1 \\ 0001 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Для моделирования исправного поведения достаточно иметь только один куб (нулевой или единичный), поскольку второй всегда является дополнением к первому. Следовательно, ориентируясь, например, на единичный куб, формирующий на выходе 1, можно убрать бит состояния выхода примитива, что уменьшит размерность куба или модели примитива до количества адресов элемента, где бит с адресным номером i идентифицирует способность адреса, составленного из значений входных переменных, сформировать единичное состояние выхода примитива.

Кубитное или квантовое покрытие одновыходового примитива всегда представлено двумя кубами, размерность которых равна степени двойки от числа входных переменных, где единичное значение координаты определяет участие адреса рассматриваемого бита в формировании соответствующего (0,1) состояния выхода примитива. Квантовые модели примитивов требуют создания новой теории моделирования, прямой и обратной импликации, синтеза тестов, моделирования неисправностей, поиска дефектов. Здесь основные процедуры связаны с манипулированием адресами, неявно представленными в координатах двух кубов квантового (кубитного) покрытия, далее именуемого Q-покрытием (Q-coverage):

$$\begin{bmatrix} 00 & 0 \\ 01 & 0 \\ 10 & 1 \\ 11 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Q & 0 \\ E & 0 \\ H & 1 \\ J & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F & 0 \\ H & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1101 & 0 \\ 0010 & 1 \end{bmatrix}$$

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

$$\begin{aligned} &F \ 00 \ L, M, X, Q \ 0, \\ &L \ 0 \ (L_1, L_2, \dots, L_j, \dots, L_n); \\ &M \ 0 \ (M_1, M_2, \dots, M_j, \dots, M_n); \\ &X \ 0 \ (X_{n_x 01}, X_{n_x 02}, \dots, X_{n_x 0i}, \dots, X_n); \\ &Q \ 0 \ (Q_{n_x 01}, Q_{n_x 02}, \dots, Q_{n_x 0i}, \dots, Q_n). \end{aligned}$$

Здесь представлены: вектор идентификаторов эквипотенциальных линий схемы цифровой системы, который ввиду своей тривиальности может быть исключен из модели, но при этом необходимо иметь число входных переменных устройства и общее количество линий: n_x, n ; вектор моделирования состояний всех линий схемы, упорядоченная совокупность векторов входных переменных каждого примитива схемы, привязанных к номерам выходов, совокупность векторов – квантовых покрытий примитивов, строго привязанных к номерам выходов и входным переменным примитивов; n – число линий в схеме, n_x – количество входных переменных.

В качестве примера кубитного задания модели цифрового устройства $F = \langle L, M, X, Q \rangle$, представленного на рис. 6, ниже приведены два варианта таблиц описания схемы для анализа исправного поведения (fault free simulation):

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

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

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

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

Здесь процесс моделирования связан с конкатенированным формированием адреса бита в кванте функциональности для вычисления по нему состояния невходной линии цифровой структуры, начиная с номера $i \in \overline{n_x + 1, n}$. Если переменные создают не двоичный адрес, то в данном случае существует возможность формирования не двоичного состояния выхода примитива, которое определено в троичном алфавите символом X . Состояния выходов формируются последовательной процедурой моделирования на основе простых итераций или итераций Зейделя [6,8]. Во втором случае необходима препроцессорная процедура ранжирования линий и примитивов схемы, которая позволяет существенно уменьшить количество проходов по примитивам схемы для достижения сходимости, когда фиксируется равенство состояний всех линий схемы в двух соседних итерациях. Кроме того, ранжирование примитивов по уровням формирования выходов дает возможность существенно повысить быстродействие моделирования за счет параллельной обработки функциональных элементов одного уровня. Например, для схемы, представленной на рис. 6, одновременно можно обрабатывать элементы с номерами 6,7, затем – 8,9 и далее – А,В. В первом случае, когда используются простые итерации, ранжирования не требуется, но платой за простоту алгоритма моделирования является существенно большее число итеративных проходов по примитивам схемы для достижения упомянутого критерия сходимости. Вычислительная сложность предложенного метода моделирования на основе квантовых функциональностей определяется процедурами формирования адреса – входного вектора, содержащего k_i переменных, для каждого i -го примитива $[(r + w) \times k_i]$, считыванием бита из квант-вектора по конкатенированному адресу и записью $(r \rightarrow w)$ данного бита в вектор моделирования:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

6) Реализация комбинационного устройства, ориентированного на минимизацию аппаратных затрат, определяется суммой всех типов примитивов, инвариантных к уровням комбинационного устройства, дополненной линейкой запасных элементов по одному для каждого типа:

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

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

4. Восстановление работоспособности комбинационных устройств

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

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

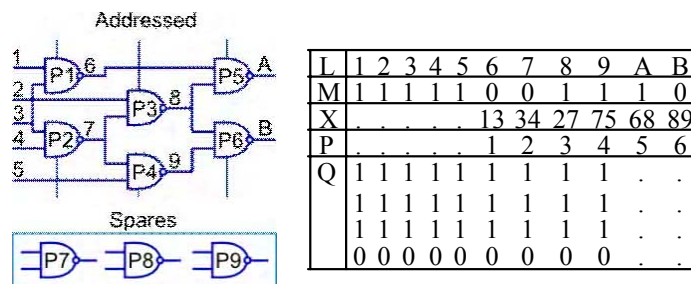


Рис. 4. Пример схемной структуры из адресуемых и запасных элементов

Таблица оперирует номерами структурных примитивов, что дает возможность заменить любой отказавший элемент исправным из ремонтного запаса путем изменения адресного номера в строке примитивов P. Ремонтные элементы в данной таблице начинаются с номера 7.

В следующей таблице представлены строка типов логических элементов, а также адреса типов этих примитивов, отмеченные номерами:

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

Эта структура данных ориентирована на программную реализацию моделирования, а ремонтные примитивы начинаются с номера 2. Если существует возможность перепрограммирования логики в элементе памяти с одинаковым числом входных переменных, то данную процедуру следует выполнять после фиксации неисправного элемента, когда становится известно – какой элемент в структуре и какой тип примитива отказал. Такая процедура восстановления работоспособности ориентирована на PLD-реализацию цифровых систем. Если кубитные модели схем не имеют запасных примитивов, то соответствующие им таблицы будут иметь следующий вид:

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

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

Таким образом, квантовые структуры данных ориентированы на компактность описания функционалов цифрового изделия кубитными векторами, повышение быстродействия процедур моделирования за счет адресации состояний выходов примитивов, а также на восстановление работоспособности отдельных логических элементов, благодаря их реализации в элементах памяти PLD.

Обработка схемы (processing) схемы в кристалле сводится к определению адреса, составленного двоичными битами вектора моделирования, по которому находится логическая функция. Каждый примитив имеет цикл обработки, содержащий три процедуры:

1) Адресное считывание номеров входных переменных из соответствующего столбца матрицы X для формирования адреса состояния входной переменной вектора моделирования: $A \ 2 \ X_{ij}, i \ 2 \ 1, n; j \ 2 \ 1, s_p \ 2 \ 1$.

2) Формирование адреса (двоичного кода) для вычисления логической функции путем конкатенации соответствующих состояний входных переменных в векторе моделирования $A \ 4 \ M(X_{ij}) * M(X_{ir})$.

3) Запись результата выполнения логической функции как состояния выхода в соответствующий разряд вектора моделирования $M(X_{is_p}) \ 4 \ P[M(X_{ij}) * M(X_{ir})]$.

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

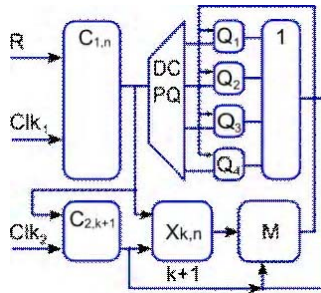


Рис. 5. Операционная структура комбинационной схемы

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

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

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

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

$$P = (P_1, P_2, \dots, P_i, \dots, P_n); Q = (Q_1, Q_2, \dots, Q_j, \dots, Q_m);$$

$$X = [X_{pq}]; p = \overline{1, n}; q = \overline{1, s_p}.$$

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

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

4. Конкатенация (#) разрядов слова для формирования входного воздействия $\#_{j=1}^k M(X_{ij})$ логического элемента P_i (типа Q_i) и выполнение процедуры определения состояния его выхода с последующей записью в соответствующую координату вектора моделирования: $M(X_{k81})$:

$$M(X_{k+1}) = \{P_i, Q_i\} \left[\#_{j=1}^k M(X_{ij}) \right].$$

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

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

7. Окончание процесса моделирования цифрового устройства.

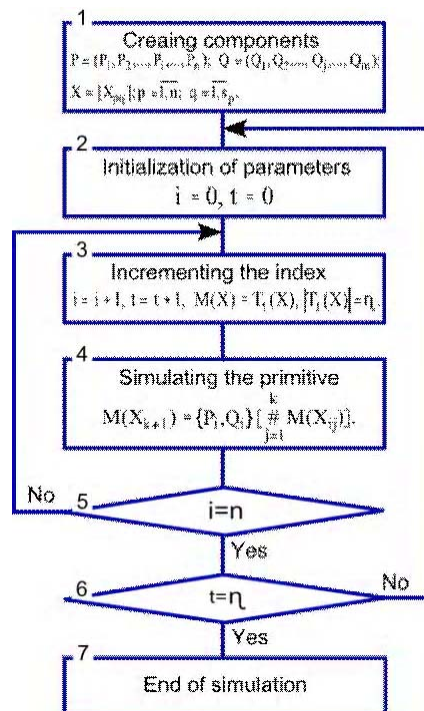


Рис. 6. Граф-схема алгоритма управления процессом моделирования

Здесь представлены операционный и управляющий автоматы, ориентированные на последовательную обработку комбинационных примитивов, что и позволяет осуществлять процедуру переадресации примитивов в случае отказа одного из них. Нетрудно создать аналогичные автоматы для параллельной обработки слоев из примитивов ранжированной схемы, что максимально приблизит быстродействие устройства к его реализации в кристаллах PLD.

5. Заключение

1. Предложена теория и реализация квантовых моделей, методов и алгоритмов для повышения быстродействия существующих программных и аппаратных средств анализа и синтеза цифровых вычислительных устройств путем увеличения размерности структур данных и памяти.

2. Описан матричный метод квантового диагностирования функциональных нарушений и константных неисправностей в программных или аппаратных блоках, которые используют кубитные структуры диагностической информации, что дает возможность существенно уменьшить вычислительную сложность процессов моделирования и диагностирования за счет введения параллельных логических операций над матричными данными.

3. Представлен квантовый метод исправного моделирования цифровых устройств с восстановлением работоспособности компонентов цифровой системы в режиме online, который имеет существенно более высокое быстродействие благодаря адресной реализации процедуры обработки функциональных примитивов, заданных кубитными покрытиями.

4. Показаны примеры использования кубитных структур данных и квантовых преобразований для моделирования цифровых схем и решения задач диагностирования с помощью векторных параллельных логических операций и ремонта неисправных модулей на основе адресуемых логических примитивов.

5. Основная инновационная идея квантовых вычислений заключается в переходе от вычислительных процедур над байт-операндом, определяющим в дискретном пространстве одно решение (точку), к квантовым параллельным процессам над кубит-операндом, одновременно формирующим булеан решений. В этом тезисе сформулировано будущее всех высокопроизводительных компьютеров для параллельного нецифрового анализа и синтеза структур и сервисов дискретного по своей сути киберпространства.

Перспективы исследования:

1. Использование og-операции или для анализа таблицы неисправностей в целях поиска кратных дефектов.
2. Исследование и применение Хассе-процессора для поиска одиночных и/или кратных дефектов по таблице неисправностей, путем приведения процедуры к задаче поиска оптимального покрытия.
3. Моделирование исправного поведения последовательностных схем на основе кубитных структур данных цифровых устройств.
4. Синтез кубитных моделей функциональных примитивов и цифровых систем на основе использования квантовых примитивов, а также разложение (анализ) квантов функциональностей на кубитные модели примитивов.
5. Моделирование неисправностей переходов автоматных переменных путем модификации дедуктивного алгоритма.
6. Формирование кодеров и декодеров для DSP-процессоров с помощью кубитных структур данных, позволяющих повысить быстродействие средств кодирования и компактность представления данных.

Сисок литературы: 1. *Michael A. Nielsen & Isaac L. Chuang. Quantum Computation and Quantum Information. Cambridge University Press. 2010. 676p.* 2. *Проектирование и тестирование цифровых систем на кристаллах / В.И. Хаханов, Е.И. Литвинова, О.А. Гузь. Харьков: ХНУРЭ. 2009. 484 с.* 3. *Hahanov V., Wajeb Gharibi, Litvinova E., Chumachenko S. Information analysis infrastructure for diagnosis // Information an int. interdisciplinary journal. 2011. Japan. Vol.14, № 7. P. 2419-2433.* 4. *Хаханов В.И., Мурад Али А., Литвинова Е.И., Гузь О.А., Хаханова И.В. Квантовые модели вычислительных процессов // Радиоэлектроника и информатика. 2011. № 3. С.35-40.* 5. *Бондаренко М.Ф., Хаханов В.И., Литвинова Е.И. Структура логического ассоциативного мультипроцессора // Автоматика и телемеханика. 2012. № 10. С. 71-92.* 6. *Хаханов В.И. Техническая диагностика цифровых и микропроцессорных структур. К.: ИСНО. 1995. 242 с.* 7. *Vladimir Hahanov, Alexander Barkalov and Marian Adamsky. Infrastructure intellectual property for SoC simulation and diagnosis service. Springer, 2011. P. 289-330.* 8. *Горбатова В.А. Основы дискретной математики. М.: Высш. школа. 1986. 311 с.* 9. *Хаханов В.И., Литвинова Е.И., Хаханова И.В., Murad Ali Abbas. Инфраструктура встроенного восстановления логических PLD-схем // Радиоэлектроника и информатика. 2012. №2. С. 54-57.* 10. *Hahanov V., Litvinova E., Gharibi W., Murad Ali Abbas. Qubit models for SoC Synthesis Parallel and cloud computing. USA. 2012. Vol.1. Iss 1. P. 16-20.* 11. *Hahanov V.I., Litvinova E.I., Chumachenko S.V., Baghdadi Ammar Awni Abbas, Eshetie Abebech, Mandefro. Qubit Model for solving the coverage problem // Proc. of IEEE East-West Design and Test Symposium. IEEE. USA. Kharkov. 14-17 September 2012. P.142 - 144.* 12. *Чжен Г., Мэннинг Е., Метц Г. Диагностика отказов цифровых вычислительных систем. М.: Мир. 1972, 230 с.* 13. *Koal T., Scheit D., Vierhaus H.T. A comprehensive scheme for logic self repair // Conf. Proc. on Signal Processing Algorithms, Architectures, Arrangements, and Applications. 2009. P. 13 – 18.*

Поступила в редколлегию 11.05.2013

Хаханов Владимир Иванович, декан факультета КИУ ХНУРЭ, д-р техн. наук, профессор кафедры АПВТ ХНУРЭ. IEEE Senior Member. IEEE Computer Society Golden Core Member. Научные интересы: проектирование и тестирование вычислительных систем, сетей и программных продуктов. Увлечения: баскетбол, футбол, теннис, горные лыжи. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. +380 57 70-21-326.

E-mail: hahanov@kture.kharkov.ua.

Baghdadi Ammar Awni Abbas, аспирант кафедры АПВТ ХНУРЭ. Научные интересы: проектирование и тестирование вычислительных систем. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. +380 57 70-21-326.

E-mail: hahanov@kture.kharkov.ua.

Чумаченко Светлана Викторовна, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой АПВТ ХНУРЭ. Научные интересы: дискретная математика, моделирование вычислительных систем. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. +380 57 70-21-326.

E-mail: ri@kture.kharkov.ua.

Шкиль Александр Сергеевич, канд. техн. наук, доцент кафедры АПВТ ХНУРЭ. Научные интересы: проектирование и тестирование вычислительных систем. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. +380 57 70-21-326.

E-mail: shkil@kture.kharkov.ua.

МЕТОД ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОМПОНЕНТ ТРАНСФОРМАНТ В ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ РЕКОНСТРУКЦИИ ВИДЕОДАНЫХ

Описывается метод восстановления компонент трансформант в технологии декомпрессии цифровых изображений, который основывается на реконструкции вектора значимых компонент и вектора масштабирующих компонент. Отдельно предлагается реконструкция низкочастотной компоненты с использованием статистического кода. В статье излагается последовательность и основные этапы восстановления каждого вектора составляющей трансформанты. Обосновывается однозначность декодирования компонент трансформант.

1. Введение

В последнее десятилетие наблюдается бурное развитие теории и практических основ построения методов сжатия видеоданных. Повышение эффективности существующих систем передачи и хранения видеоданных с относительно ограниченными затратами достигается путем использования новых методов сжатия видеоданных. Однако для интегрирования процессов сжатия видеоданных требуется обеспечить своевременное и достоверное получение видеoinформации на приемной стороне [1-3]. Это диктует необходимость решения *научно-прикладной задачи*, заключающейся в обеспечении заданной достоверности и времени обработки в процессе реконструкции сжатых изображений.

Метод сжатия компонент трансформант в технологии обработки видеоданных описан в работе [4]. Особенность процесса сжатия заключается в том, что вектор Y_m значимых компонент состоит из трёх составляющих, а именно: низкочастотной компоненты y_1 ; вектора значимых компонент Y_{m-1} ; вектора масштабирующих компонент G_{m-1} . Его компоненты определяют количество повторов значимых компонент. *Цель* исследования состоит в разработке метода восстановления трансформированных изображений, который основывается на реконструкции низкочастотной составляющей, и векторов значимых и масштабирующих компонент. Восстановление каждой составляющей вектора Y_m предлагается проводить отдельно с использованием разных технологий реконструкции.

2. Восстановление низкочастотной компоненты в трансформированных изображениях

Низкочастотная компонента представляется в виде разности значений текущей компоненты $DC(t)$ и компоненты $DC(t-1)$ предыдущей соседней трансформанты, а именно: $\Delta DC(t) = DC(t) - DC(t-1)$, где $\Delta DC(t)$ – значение разницы компонент $DC(t)$ и $DC(t-1)$; $DC(t)$ – значение низкочастотной компоненты для текущей t -й трансформанты; $DC(t-1)$ – значение компоненты для предыдущей $(t-1)$ -й трансформанты.

Процесс восстановления низкочастотной компоненты y_1 начинается с дешифрирования статистического кода, который состоит из двух частей. Основной – это статистический код длиной, равной l_1 бит, обладающий свойством префиксности, записанный в двоичном виде $[l_1]_2$. Дополнительный код $[d_1]_2$ – это количество d_1 дополнительных бит, которые формируются из младших разрядов значения разности $\Delta DC(t)$, записанные в двоичном виде.

Декодер перед восстановлением низкочастотных компонент трансформант получает таблицы, и в первую очередь должен из непрерывного потока битов воссоздать нормализованные компоненты преобразования. Поскольку последовательности двоичных основных кодов являются мгновенной и однозначно декодируемой, этот шаг легко реализуется при помощи табличного преобразования (табл. 1 и 2).

В табл.2 приняты следующие обозначения: $-2^i + 1, \dots, -2^{i-1}$ – отрицательный диапазон значения компонент DC, соответствующий i -й категории; $2^{i-1}, \dots, 2^i - 1$ – положительный диапазон значения компонент DC, соответствующий i -й категории; i – номер категории; $i = \overline{0, 16}$ – значение категории от 0 до 16 бит [3].

Таблица 1

Стандартные коды для низкочастотных компонент

Категория кодирования	Двоичный код	Длина d_i	Длина $\Delta DC(t)$
i	$[l_i]_2$	d_i	$l(\Delta DC(t))$
0	010	0	3
1	011	1	4
2	100	2	5
3	00	3	5
4	101	4	7
5	110	5	8
6	1110	6	10
7	11110	7	12
8	111110	8	14
9	1111110	9	16
A	11111110	10	18
B	111111110	11	20

Таблица 2

Категории кодирования низкочастотных компонент

Диапазон значений компонент DC		Коды разрядности для компонент DC
Отрицательный диапазон	Положительный диапазон	$i = \overline{0, 16}$
$-2^i + 1, \dots, -2^{i-1}$	$2^{i-1}, \dots, 2^i - 1$	i

3. Реконструкция значимых компонент трансформант

Восстановление значимых компонент в векторе Y_{m-1} осуществляется в два этапа.

Первый этап. Метод восстановления компонент заключается в декодировании кодового значения $E(y)_u$ позиционного числа с неравными соседними элементами. Основываясь на имеющейся информации, восстановление элементов построчно-масштабирующей составляющей организуется следующими действиями. Проводится восстановление элементов $\mu_{u,j}$. По определению на элементы $\mu_{u,j}$ накладывается только одно ограничение, а именно $\mu_{u,j} < w(y)$, если $u=1, j=1$; $\mu_{u,j} < (w(y)-1)$, если $u=1$, а $j=\overline{2, m}$. Отсюда последовательности, составленные из элементов $\mu_{u,j}$, являются позиционными числами. Их восстановление осуществляется по формулам

$$\mu_{u,1} = [E(y)_u / (w(y)-1)^{(m-1)}]; \quad (1)$$

$$\mu_{u,j} = [E(y)_u / (w(y)-1)^{(m-j)}] - [E(y)_u / (w(y)-1)^{(m-j)+1}] (w(y)-1), \quad (2)$$

где $(w(y)-1)^{(m-j)}$ – динамический диапазон элемента $\mu_{u,j}$.

Второй этап. Связан с восстановлением элементов $u_{u,j}$ на основе полученных на предыдущем этапе величин $\mu_{u,j}$. Формула для определения величин $u_{u,j}$ на основе известных значений $\mu_{u,j}$ и $u_{u,j-1}$ примет вид

$$y_{u,j} = \begin{cases} \mu_{u,j}, & \rightarrow \mu_{u,j} < y_{u,j-1}; \\ \mu_{u,j} + 1, & \rightarrow \mu_{u,j} \geq y_{u,j-1}. \end{cases} \quad (3)$$

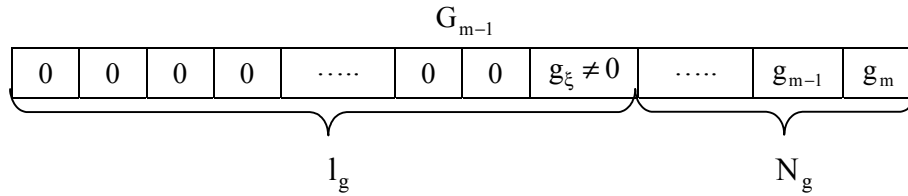
Объединив выражения (1) – (3), получим систему аналитических соотношений для восстановления элементов значимых компонент:

$$y_{u,j} = \begin{cases} [E(y)_u / (w(y)-1)^{(m-j)}] - [E(y)_u / (w(y)-1)^{(m-j)+1}](w(y)-1), \\ \rightarrow \mu_{u,j} < y_{u,j-1}; \\ [E(y)_u / (w(y)-1)^{(m-j)}] - [E(y)_u / (w(y)-1)^{(m-j)+1}](w(y)-1)+1, \\ \rightarrow \mu_{u,j} \geq y_{u,j-1}. \end{cases} \quad (4)$$

Соотношение (4) обеспечивает восстановление вектора значимых компонент без внесения ошибок.

4. Реконструкция масштабирующих компонент трансформант

Вектор масштабирующих компонент G_{m-1} состоит из трёх структурных составляющих (рисунок).



Структура вектора масштабирующих компонент G_{m-1}

Обозначим в векторе G_{m-1} каждую составляющую следующим образом: $G_{m-1} = \{G_1^{(l_g)}; G_2; g_m\}$, где $G_1^{(l_g)}$ – количество первых нулевых элементов в векторе G_{m-1} , т.е. $G_1^{(l_g)} = \{g_1, \dots, g_{l_g}\}$. Здесь $g_{\xi} = 0$, $\xi = \overline{1, l_g}$; G_2 – элементы вектора G_{m-1} за исключением первой и последней серии нулей, т.е. $G_2 = \{g_{l_g}, \dots, g_{m-1}\}$, где g_m – последняя компонента вектора G_{m-1} [5].

Реконструкцию вектора масштабирующих компонент предлагается сформировать из трёх этапов. Рассмотрим первый этап: декодирование кода начальной серии нулей в векторе масштабирующих компонент. Код длины серии l_g представляется кодовой конструкцией $[l_g]_2$. Данная кодовая конструкция содержит информацию о её длине. Соответственно позиционирование кодового слова определяется на основе величины $l(E_1)$. Тогда, зная длину $l(E_1)$ кодового слова, возможно безошибочно получить значение длины серии l_g . Это достигается в результате таких преобразований: $l_g = \sum_{\xi=1}^{l(E_1)-1} \alpha_{\xi} \cdot 2^{\xi}$; $[l_g]_2 = \{\alpha_1, \dots, \alpha_{\xi}, \dots, \alpha_{l(E_1)}\}$, где α_{ξ} – двоичный элемент последовательности $[l_g]_2$; ξ – индекс двоичного элемента в $[l_g]_2$. Это позволяет получить первую составляющую E_1 вектора масштабирующих компонент G_{m-1} , а именно: $g_j = 0$, $j = \overline{1, l_g}$; $E_1 = \{g_1, \dots, g_j, \dots, g_{l_g}\}$.

На втором этапе процесса восстановления осуществляется реконструкция второй структурной составляющей E_2 вектора масштабирующих компонент трансформанты. Для этого необходима служебная информация о максимальном значении динамического диапазона последовательности $g_{l_g}, \dots, g_{m-1}$. Определение позиции компонент второй составляющей осуществляется по следующему правилу:

$$P_1(E_2) = l(E_1) + 1; P_2(E_2) = l(E_1) + 1 + d_1; P_{\xi}(E_2) = P_{\xi-1}(E_2) + d_1,$$

где P_1, P_2, P_ξ – позиция компоненты второй структурной составляющей вектора G_{m-1} ; $l(E_1)$ – длина первой части кода вектора G_{m-1} ; d_1 – целое количество бит, необходимых на представление компоненты второй структурной составляющей вектора G_{m-1} кодом Бодо.

После определения позиции первого и конечного бита восстанавливается соответствующее значение: $g_\xi = \sum_{\xi=1}^{d_1} \alpha_\xi \cdot 2^\xi$, $\xi = \overline{l_g + 1, m-1}$.

Третий этап. Структурный параметр g_m вектора масштабирующих компонент G_{m-1} представляет собой длину последней серии элементов, имеющих нулевые значения.

Параметр g_m вектора масштабирующих компонент G_{m-1} на приёмной стороне определяется на основе первых двух структурных составляющих вектора G_{m-1} . Для этого используется условие: $\sum_{\xi=1}^{m-1} g_\xi = l_g + N_g$, с учетом чего величина g_m вычисляется по следующей формуле: $g_m = n^2 - l_g - N_g$, где n – линейный размер трансформанты.

Выводы

Разработан метод восстановления компонент трансформант в видеоданных, который основывается на реконструкции:

- 1) низкочастотных компонент y_1 . Восстановление компонент на приёмной стороне происходит по специальным таблицам, в которых хранятся созданные кодером статистические коды;
- 2) вектора значимых компонент Y_{m-1} . Восстановление значимых компонент заключается в декодировании кодового значения позиционного числа с неравными соседними элементами и динамического диапазона массивов;
- 3) вектора масштабирующих компонент G_{m-1} . Восстановление масштабирующих компонент основывается на декодировании двух основных структурных параметров вектора G_{m-1} , а именно: восстановление начальной нулевой серии l_g , вектора G_{m-1} на основе декодирования кода длины серии; восстановление последовательности, расположенной между начальной серией нулей l_g и последней компонентой g_m вектора G_{m-1} . Проводится в результате декодирования кода Бодо с использованием информации о максимальном динамическом диапазоне.

Список литературы: 1. Сэломон Д. Сжатие данных, изображений и звука. М.: Техносфера, 2004. 368с. ISBN 5-94836-027-X. 2. Gonzales R.C. Digital image processing / R.C. Gonzales, R.E. Woods. Prentice Inc. Upper Saddle River, New Jersey 2002. 779p. 3. Баранник В.В. Метод сжатия изображений на основе неравновесного позиционного кодирования битовых плоскостей / В.В. Баранник, Н.К. Гулак, Н.А. Королева // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. Х.: ХНАУ "ХАІ", 2009. Вип. 1. С. 55–61. 4. Кривонос В.Н. Метод компактного представления вектора масштабирующих компонент трансформант / В.Н. Кривонос, Г.Н. Гулак // Сучасна спеціальна техніка. 2012. №3. С. 22–30.

Поступила в редколлегию 11.02.2013

Баранник Владимир Викторович, д-р техн. наук, проф., начальник кафедры Харьковского университета Воздушных Сил им. Ивана Кожедуба. Научные интересы: технологии кодирования и обеспечения безопасности информации. Адрес: Украина, 61000, Харьков, ул. Сумская, 77/79. E-mail: Barannik_V_V@mail.ru.

Кривонос Владимир Николаевич, инженер Харьковского университета Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба. Научные интересы: кодирование и защита информации для передачи в телекоммуникационных системах. Адрес: Украина, 61100, Харьков, пер. Баварский, 9, кв.50.

Москвин Андрей Эдуардович, магистр Национального технического университета «ХПИ» Научные интересы: кодирование и защита информации для передачи в телекоммуникационных системах. Адрес: Украина, 61100, Харьков, ул. Сумская, 77/79.

Плешко Эдуард Анатольевич, старший научный сотрудник Укр НИИ МедТранс МОЗ Украины. Научные интересы: информационные технологии в медицине. Адрес: Украина, 61000, Харьков, ул. Сумская, 77/79. E-mail: Barannik_V_V@mail.ru.

СОСТОЯНИЕ ИТ-РЫНКА УКРАИНЫ (АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР)

Предлагается аналитический обзор на основании материалов правительственной прессы, обсуждения законопроектов, данных ИТ-ассоциации Украины. Приведенные материалы были представлены по заказу оргкомитета на юбилейной 50-й выставке Desing Automation Conference в Остине (штат Техас) 6-8 июня 2013.

1. Статистические сведения

Население Украины, по итогам переписи 2001 года, составляло более 48,4 миллиона человек, по данным государственной службы статистики Украины на 1 января 2013 года — 45 547 800 человек, по оценке 2013 года — 45 553 000 человек [1]. Территория — 603 549 км², по площади является крупнейшей страной Европы после России. Занимает 30-е место в мире по численности населения и 44-е — по территории. Подразделяется на 27 административно-территориальных единиц, 24 из которых являются областями, 1 — автономной республикой и 2 представляют собой города государственного подчинения (Киев, Севастополь). Столица — Киев. Крупнейшие города — Киев, Харьков, Одесса, Днепропетровск, Донецк, Запорожье, Львов, Кривой Рог. Унитарное государство, форма правления — президентско-парламентская республика. В марте 2010 года пост президента занял Виктор Янукович, премьер-министра — Николай Азаров. Независимость страны провозглашена 24 августа 1991 года. Предшествовавшие этому 69 лет Украина находилась в составе СССР. Индустриально-аграрная страна с динамично развивающейся экономикой. Объем ВВП за 2012 год составил 344,7 миллиарда долларов США (около 7600 долларов США на душу населения). Денежная единица — гривна (усреднённый курс за 2012 год — 8 гривен за 1 доллар США).

2. Бизнес-компании по электронному проектированию (Business/Electronic Design Companies presence in the country)

Статистика: количество компаний составляет более 2 000, валовой доход компаний индустрии — более 16 млрд грн/год, средний прирост доходов = 30-40% / год, экспорт услуг ~10 млрд грн. Количество персонала, занятого в компаниях индустрии = 180 000 чел. Средняя зарплата = 13 000 грн/мес., доля затрат на оплату труда в издержках компаний = >70%. Количество профильных выпускников вузов ~20 000 / год, из них обладают навыками для работы в индустрии ~25%. Структура индустрии: 70% — аутсорсинг (разработка программного обеспечения под заказ) и предоставление ИТ-сервисов; 10% — разработка собственных программных продуктов; 20% — системная интеграция.

Интернет-предложение по Украине включает услуги от 53 компаний и предприятий по проектированию электронных компонентов и систем [2]. Среди них: проектирование электронного оборудования — 52, проектирование технологической оснастки — 18, проектирование электронных систем — 9, проектирование интегральных микросхем — 6, проектирование электронных компонентов — 1. По городам: Киев — 22, Харьковская область — 7, Днепропетровская область — 5, Донецкая область — 4, Винницкая область — 4, Киевская область — 2, Черниговская область — 2, Полтавская область — 2, Житомирская область — 2, Хмельницкая область — 1, Черновицкая область — 1, Запорожская область — 1, АР Крым — 1, Одесская область — 1, Ровенская область — 1, Львовская область — 1.

Каталог разработки электронных компонентов и систем содержит 81 предложение от 39 компаний и предприятий [3]: разработка электронных устройств — 54 предложения, разработка электронных систем — 14 предложений, разработка электронных компонентов — 13 предложений.

Среди значимых предприятий в области электроники можно выделить следующие.

2.1. ООО “НИИ компьютерных технологий” (Чернигов, Киев, Винница) предоставляет услуги [<http://ictech.com.ua/>]: изготовление печатных плат, проектирование печатных плат, ридизайн печатных плат, изготовление трафаретов для нанесения паяльной

пасты, контрактное производство электроники, контрактная разработка электроники, изготовление СВЧ фильтров.

2.2. КБ «Карат» (Харьков) [4] предлагает услуги по проектированию и производству нестандартной электроники под заказ.

2.3. Северодонецкое НПО «Импульс» [5]. Основные направления деятельности – разработка, изготовление и внедрение систем контроля и управления (СКУ) для объектов атомной и тепловой энергетики, нефтегазового комплекса, железнодорожного транспорта и других отраслей промышленности. На базе разработок НПО «Импульс» выпущено более 20 тыс. систем контроля и управления. Они внедрены во всех республиках бывшего СССР, Болгарии, Венгрии, Вьетнаме, Индии, Китае, Словакии, Чехии, Финляндии, Японии. В НПО «Импульс» реализован полный цикл создания СКУ: разработка технических и программных средств, изготовление, верификация, валидация, комплекс испытаний и внедрение. Обеспечено сопровождение эксплуатации на протяжении всего жизненного цикла СКУ. СКУ разработаны на единой платформе нового поколения – МСКУ 3М.

Система управления качеством сертифицирована на соответствие требованиям стандарта Украины ДСТУ ISO 9001:2009 и международного стандарта ISO 9001:2008.

В настоящее время основной продукцией НПО «Импульс» являются системы контроля и управления для АЭС. Оборудование, поставляемое на АЭС, имеет сертификаты соответствия требованиям, предъявляемым к продукции для АЭС в стране заказчика.

Основная продукция. 1) Основная продукция для энергоблоков АЭС с энергетическими реакторами ВВЭР-1000 и ВВЭР-440: информационно-вычислительная система верхнего блочного уровня (ИВС); системы внутриреакторного контроля (СВРК); аппаратура контроля нейтронного потока реакторов (АКНП); системы группового и индивидуального управления (СГИУ); цифровые управляющие системы безопасности (УСБ); цифровые управляющие системы нормальной эксплуатации (СНЭ); низковольтные комплектные устройства РТЗО; системы регистрации важных параметров эксплуатации (СРВП); центры технической поддержки операторов в аварийных ситуациях (ЦТП); системы диагностирования оборудования энергоблоков; нейтронные анализаторы бора (боромеры); системы управления аварией «Течь теплоносителя из первого контура во второй»; устройства плавного пуска электродвигателей; преобразователи сигналов; шкафы электропитания технических комплексов СУЗ; шлейфы энерговыделения и термоконтроля. 2) Основная продукция для объектов тепловой энергетики – АСУ ТП энергоблоков тепловых электростанций. 3) Основная продукция для нефтегазового комплекса: системы управления компрессорными станциями; системы автоматического управления газоперекачивающими агрегатами [<http://ru.wikipedia.org/wiki/Украина>]; АСУ ТП нагревательных печей нефтеперегонных установок. 4) Основная продукция для железнодорожного транспорта – шкафы вводно-распределительно-преобразовательные ШВРП-ЭЦТ и ШВРП-ЭЦП.

Основные объекты внедрения: атомная энергетика (Запорожская, Хмельницкая, Ровенская, Южно-Украинская, Армянская, Балаковская, Ростовская, Козлодуй, Кольская, Курская АЭС; федеральное государственное предприятие ПО «Маяк»); тепловая энергетика (Запорожская, Киришская, Кураховская, Углегорская, Змиевская, Березовская, Ладжинская ТЭС; Северодонецкая ТЭЦ); нефтегазовый комплекс (ЗАО «Укртатнафта», Кременчуг; АО «Уфаоргсинтез», Тимофеевская КС компании «Укргаздобыча», Качановский ГПЗ «Укрнафта», Анастасьевская ГЛКС, ДКС «Солоха» компании «Укргаздобыча», КС «Лоскутовка» УМГ «Донбастрансгаз» железнодорожный транспорт (Донецкая железная дорога).

2.4. Публичное акционерное общество «ХАРТРОН» (Харьков) [6]. В области научных и конструкторских работ ПАО «ХАРТРОН» заинтересовано в проведении совместных научных и конструкторских разработок по созданию: программного и технического обеспечения систем управления в области авиации и космоса; программного и технического обеспечения систем управления в области атомной и тепловой энергетики; программного и технического обеспечения в области информационных технологий, в том числе производственных и управляющих информационных систем различного назначения (энергетика, транспорт, экономика, медицина, образование, бизнес); измерительной аппаратуры и аппаратуры контроля для газо- и нефтепроводов; контрольно-измерительной аппаратуры

для нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, включая переработку сырой нефти в бензин (газолин), удобрения, а также в химические продукты и пластмассы; оборудования для специального покрытия автомобильных осветительных приборов по ионно-плазменной технологии; оптоэлектронных датчиков АСУ ТП (газоанализаторов, анализаторов веществ).

Космос, авиация, вооружение: системы управления межконтинентальных баллистических ракет и ракет-носителей (комплексы автономного управления ракетами-носителями КАУРН “ЭНЕРГИЯ”; системы управления ракетой-носителем “Днепр”, “Стрела”, “Рокот”, “Циклон-4”); системы управления космических кораблей (системы управления транспортных кораблей модульных – СУ ТКМ; система управления функционального грузового блока – ФГБ – международной космической станции МКС “Альфа”; система управления автоматической управляемой орбитальной станцией – АУОС; система управления космического аппарата 71Х6; система управления космического аппарата “Купон”; система управления космического аппарата “Аркон”; система управления спутника “Egypsat-1”; система управления спутника МС-2-8; система управления спутника МС-2-8М).

Системы управления вооружением: баллистический вычислитель системы управления огнем танка Т-80 УД предназначен для обеспечения повышенной точности стрельбы и расширения функциональных возможностей оружия, используется в системе управления огнем танка (СУО) при стрельбе с места и с ходу.

Энергетика: системы АСУ ТП АЭС и ТЭС (информационно-вычислительные системы, системы автоматического регулирования, системы радиационного контроля, системы АСУ ТП ТЭС, системы контроля турбогенераторов, системы автоматизированного химического контроля – АХК ВХР, системы синхронизации времени); оборудование для ТЭЦ, ТЭС (цифровой прибор индикации и управления ЦПИ-УМ-4-1; индикаторы светодиодные ОР24, ОР60; блоки и шкафы УКТЗ-У; блок коммутатора БК; регистратор токового сигнала РТС-020-50; регистратор электронный многоканальный РЭМ-06/12; табло световые ТСБ-ПРТ, ТСБ-ПСТ; сигнализатор вращения вала РВП; табло световое сигнальное ТСС-99); система дистанционного контроля температуры вентиляционных каналов контейнеров сухого хранилища отработавшего ядерного топлива «СДКТ ВКК СХОЯТ» предназначена для дистанционного измерения температуры в вентиляционных каналах контейнеров, установленных на площадке сухого хранилища отработавшего ядерного топлива; все составные части СДКТ выпускаются в исполнении для атомных станций со штампом в документации «Для АЭС»; комплексная система диагностики (КСД) основного технологического оборудования атомных электростанций (АЭС) предназначена для автоматической диагностики основного технологического оборудования и режимов эксплуатации АЭС в целях повышения безопасности, надежности и обеспечения гарантированной выработки электроэнергии; программно-технический комплекс АРМ РОМ СИАЗ (автоматический регулятор мощности, система разгрузки ограничения мощности, система индустриальной антисейсмической защиты) предназначен для замены аппаратуры, выработавшей свой ресурс на энергоблоках атомных электростанций.

Противоаварийная автоматика: автоматика ликвидации асинхронного режима (ALAR03); автоматика от повышения напряжения (APN01); автоматика фиксации отключения (включения) линии (FOL01); автоматика дозирования воздействий (ADV01); автоматика разгрузки станции (ARS01); фиксация активной мощности (FAM01, FAM02).

Релейная защита и автоматика: класс напряжения 6-35кВ (дифференциальная защита шин 35 кВ SH02; защита измерительного трансформатора 10 кВ TN02; защиты и автоматика ВЛ 35 кВ L050; защиты и автоматика асинхронных ЭД $P > 2500$ кВт M021; защиты и автоматика дизель-генератора DG01; резервные защиты и автоматика генераторов G020); класс напряжения 110-220кВ (резервные защиты и автоматика ВЛ 110-220 кВ L010; резервная защита и автоматика АТ сторона НН L011; защита и автоматика ОВ 110-330 кВ L013; резервные защиты и автоматика ВЛ 110-220 кВ (базовый комплект) L014; защиты и автоматика трансформаторов блока T020; резервные защиты трансформатора T030; дифференциальная защита двойной системы шин 110-330 кВ с обходной SH01); класс напряжения 330кВ (резервная защита и автоматика АТ сторона ВН L012; резервные

защиты и автоматика ВЛ 330 кВ L020; основная защита ВЛ 330 кВ (с функцией дальнего резервирования) L040; основная защита ВЛ 330 кВ L041; защита ошиновки 330 кВ SH03).

Железнодорожный транспорт. Автоматизированные системы ВИЗИНФО предназначены для обслуживания пассажиров вокзалов железных дорог путем обеспечения: информацией о поездах, находящихся на платформах; информацией о направлении движения поездов; о времени прибытия и отправления поездов по расписанию; о времени, на которое опаздывают с прибытием поезда; о наличии билетов на поезда; о текущем точном времени; об атмосферном давлении, температуре и влажности воздуха; рекламной и развлекательной видео-аудио и телевизионной информацией.

Автоматизированные системы СКД. Целью создания СКД является: повышение культуры обслуживания пассажиров; недопущение на посадку в поезда пассажиров без проездных документов; недопущение выхода с платформы пассажиров без проездных документов; недопущение посторонних лиц на платформу; контроль пассажиропотока; учет пассажиропотока; оптимизация расписания движения поездов пригородного сообщения.

Железнодорожная автоматика. Релейно-процессорная централизация – обеспечение безопасного управления и контроля движения железнодорожного транспорта. Шкафы распределительные – системы автоматизированного управления, контроля и диагностики электрооборудования пассажирских вагонов, выполняющие оптимизацию и диагностику работы систем жизнеобеспечения вагона с выдачей результата на экран дисплея. Подвагонные ящики – системы электроснабжения пассажирских вагонов с генератором переменного тока. АРМ начальника поезда – комплект оборудования поездной автоматизированной информационно-диагностической системы, обеспечивающий сбор, хранение и отображение на экране монитора автоматизированного рабочего места начальника поезда диагностической информации и данных об аварийных ситуациях в системах, обеспечивающих безопасность каждого вагона, формирование и хранение массива вагонной и поездной баз данных. Табло информационные – светодиодное или блинкерное табло, обеспечивающее визуальное отображение информации в статическом и динамическом (“бегущая строка”) режимах. Пожарно-охранная сигнализация – определение места возникновения тревожной ситуации с выдачей световой и звуковой сигнализации по адресу сработавшего извещателя. Пульты пассажира – устанавливаются в купе пассажирских поездов дальнего следования и обеспечивают пассажиру возможность управлять освещением в купе вагона, вызов проводника, включать/выключать охранную сигнализацию, подключать электроприборы, регулировать громкость вагонной радиосети. Переговорные устройства – система внутренней связи “Визит”, обеспечивающая речевую связь проводника с абонентами пассажирского вагона. Преобразователи напряжения – питание различного электрооборудования в системах электрооборудования пассажирских вагонов. Электрооборудование – комплект электрооборудования для модернизации системы электроснабжения вагона. Электрические нагреватели – для подогрева поверхностей, труб, объемов воздуха, деталей и помещений средств железнодорожного транспорта в холодное время года. Системы управления и диагностики – автоматическая система управления и диагностики промышленных кондиционеров. Универсальные пульты дистанционного централизованного управления, ввода и отображения информации путевого хозяйства железных дорог: замена физически и морально устаревшего оборудования; простота обслуживания, удобство в управлении; наглядность представления информации; высокая надежность и современный дизайн; минимальное энергопотребление; гибкость и простота модификации, учитывающие особенности различных железнодорожных станций и перспективы их развития.

Монтажно-сборочное производство выполняет работы по сборке и монтажу плат, блоков, приборов, стоек, осуществляет регулировку функциональных узлов, обеспечивает проведение климатических и механических испытаний.

Компании ПАО «ХАРПРОН» работают на всемирно известные корпорации: Microsoft, Google, IBM, Dell, Mercedes, Siemens, Bosch, Sky, Kodak, Deutsche Bank, Commerzbank, Barclays, T-Mobile, Telcordia, Boeing, Lufthansa, Disney.

2.5. Публичное акционерное общество «Научно-производственное предприятие «Радий» [7] является разработчиком, производителем и поставщиком высокотехнологической продукции в области автоматизированных систем управления и защиты объек-

тов атомной энергетики. Основано в 1954 г. За годы работы ПАО «НПП «Радий» заняло лидирующие позиции среди производителей АСУ ТП и завоевало уважение и доверие потребителей. Научно-технический потенциал – 1300 специалистов, из них 300 высококвалифицированных разработчиков – позволяет предприятию создавать комплексы, сочетающие в себе высокие технические характеристики с максимальным удобством и простотой использования, большими функциональными возможностями и современным дизайном.

Платформа РАДИЙ состоит из: модуля управления, который может быть разработан таким образом, чтобы выполнять необходимые заказчику функции; модулей ввода и вывода; интерфейса технического обслуживания и рабочих интерфейсов; интерфейса диагностического дисплея; дополнительных компонентов, например, секций для модулей, блоков питания, шкафов.

Технология ПЛИС. Платформа РАДИЙ основана на технологии Программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС). Технология ПЛИС имеет ряд преимуществ по функциям управления и защиты в сравнении с программируемыми логическими контроллерами (ПЛК) и универсальными компьютерами: программный код для разработки и эксплуатации систем на основе ПЛИС (HDL) не требует запуска операционной системы компьютера; на данный момент нет известных вирусов или ошибок HDL кода; HDL код размещен во флеш-памяти без необходимости доступа к внешним источникам через каналы интерфейса – предотвращение неавторизованного доступа; специальные блокираторы интерфейса требуются для перепрограммирования ПЛИС в действии – на код логики управления нельзя повлиять с помощью обычного коммуникационного порта; специальный однопластный информационный протокол используется для соединения логики управления систем безопасности с небезопасным пользовательским интерфейсом.

Системы ПАО «НПП «Радий». ПАО «НПП «Радий» применяет эту платформу при построении обрабатывающих элементов для измерительно-управляющих систем (ИУС) в соответствии с заданием заказчика для АЭС и исследовательского реактора. В состав системы входят: программно-технический комплекс системы аварийной и предупредительной защиты (ПТК АЗ-ПЗ); программно-технический комплекс управляющей системы безопасности (ПТК УСБ); программно-технический комплекс автоматического регулирования, разгрузки и ограничения мощности реактора и ускоренной предупредительной защиты (ПТК АРМ-РОМ-УПЗ); системы индивидуального и группового управления реактором (СГИУ); система пожарной сигнализации; электрораспределительное оборудование.

Качество и надежность. Разработка, производство и гарантия качества продукции ПАО «НПП «Радий» соответствует стандартам и руководствам Международной электротехнической комиссии (МЭК) и Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), касающихся систем ядерной безопасности.

Тестирование. ПАО «НПП «Радий» тщательно тестирует модули, панели и системы перед отправкой. Эти тесты включают: рентгенологическое исследование монтажных плат; 200-часовые испытания на принудительный отказ электронных модулей; функциональную проверку при заданных внешних условиях эксплуатации; сейсмическую аттестацию; сопротивление электромагнитному воздействию; приемо-сдаточные испытания полностью интегрированных систем.

Проверки третьими лицами. Программа гарантии качества ПАО «НПП «Радий» включает в себя периодические проверки нештатными организациями. Результатами таких проверок стали: лицензия на разработку, производство, поставку и техническое обслуживание оборудования и систем для ядерных реакторов, выданная Государственным комитетом ядерного регулирования Украины; сертификация, подтверждающая соответствие программы гарантии качества ПАО НПП «Радий» требованиям акционерного общества по атомной энергии Канады; сертификация, подтверждающая соответствие программы гарантии качества ПАО «НПП «Радий» требованиям стандарта DIN EN ISO 9001:2000, выданная TÜV Рейнланд, Inter Cert, Брюссель; сертификация, подтверждающая, что ПТК УСБ ПАО «НПП «Радий» соответствует Европейским правилам техники безопасности EN61010 и EN55022, выданная TÜV Рейнланд, Inter Cert, Брюссель.

Экологическая культура. ПАО «НПП «Радий» стремится сберегать ресурсы и защищать окружающую среду на каждом уровне организации. Некоторые инициативы включа-

ют в себя: эффективное использование оборудования; практику эффективного потребления электроэнергии; фильтрацию сточных вод и повторное применение их в производстве; сжигание остатка деревянной массы в котлах в целях выработки тепловой энергии, используемой в производстве.

Основная продукция. 1) ИУ платформы и системы на базе ПЛИС для АЭС и ТЭЦ. Радий использует ПЛИС (программируемые логические интегральные схемы) как основной программируемый компонент в составе своих информационно-управляющих платформ, на основе которых реализуются конкретные приложения – системы контроля и управления (СКУ) или информационно-управляющие системы (ИУС), применяемые на АЭС и ТЭЦ. ПЛИС является альтернативой для микропроцессорных цифровых систем, таких как программируемые логические контроллеры (ПЛК); интегральная микросхема ПЛИС, после ее программирования является техническим средством, не подверженным сбоям и не имеющим системы команд прерываний (как у микропроцессоров); ПЛИС может реализовывать различную математическую логику обработки, необходимые для выполнения функций безопасности и управления на АЭС; функции данных технических средств конфигурируются с использованием языка описания аппаратуры (HDL или Verilog); конфигурации логики ПЛИС могут обновляться после их тщательной верификации и контроля (в том числе после установки оборудования на объекте); если необходимо, то микропроцессоры могут быть реализованы на основе ПЛИС.

Преимущества применения ПЛИС: технология, проверенная в использовании на АЭС и других предприятиях с особыми требованиями к безопасности; реализация функций безопасности без применения какого-либо прикладного программного обеспечения или операционной системы; параллельное выполнение алгоритмов управления и функций коммуникации, что обеспечивает быструю реакцию с заданными (фиксированными) величинами времени; понятное и простое предоставление электронного дизайна, что позволяет уменьшить затраты, необходимые для разработки, контроля и верификации; совместимость HDL кода с различными типами ПЛИС, изготовленными разными производителями; подходит для реверс-инжиниринга устаревших центральных процессоров без модификаций существующих кодов программного обеспечения; специфические свойства относительно информационной безопасности благодаря отличию от других технологий на основе микропроцессоров и микроконтроллеров (для ПЛИС нет вирусов). Таким образом, ПЛИС предоставляют выгодную и проверенную временем технологию для реализации СКУ (информационно-управляющих систем) для ядерных установок; наблюдается рост количества лицензированных СКУ (ИУС) на основе ПЛИС для ядерных установок. Радий является поставщиком платформ для ИУС безопасности на основе ПЛИС, полностью готовых к эксплуатации приложений (систем «под ключ»).

1) *ИУ платформа RadICS™ на базе ПЛИС.* Характеристики системы на основе ПЛИС: соответствует требованиям стандарта МЭК 61508:2010 по уровню SIL 3 сертификации (при построении в одноканальном варианте); специально разработана для ИУС безопасности, связанных с безопасностью и нормальной эксплуатации; обеспечивает высокую надежность, функциональную и информационную безопасность; имеет полностью проверенный и испытанный диапазон входных и выходных сигналов; гибкое управление избыточностью/резервированием; всеобъемлющая «онлайн» диагностика; малое время реакции (менее 5 мс); возможность горячей замены модулей; высокая устойчивость к внешним воздействиям (в том числе к сейсмическим).

Технические условия: цифровая информационно-управляющая платформа RadICS™ это продукт нового поколения, разработанный в 2010-2011 годах на основе более чем 10-летнего опыта разработки, производства, эксплуатации и обслуживания цифровой ИУ платформы Rادی. Платформа RadICS™ представляет собой совокупность различных типов модулей, основанных на использовании чипов FPGA в качестве вычислительных, обрабатывающих информацию и управляющих системных устройств для каждого из модулей, а также программных средств для их программирования.

Минимальная канальная конфигурация информационно-управляющих систем безопасности, основанная на платформе RadICS™, состоит из 1 логического канала, который содержит 2 резервированных логических модуля (выполняющих функции логической обработки,

управления и диагностики), что улучшает безопасность и надежность платформы, и до 14 других модулей (входных/выходных и оптических связей) в любой их комбинации. Основной комплект типов входных/выходных модулей содержит модуль аналоговых входов, модуль дискретных входов, модуль дискретных выходов и модуль аналоговых выходов (модуль управления силовыми приводами). Также есть входной модуль входа/выхода специального назначения для приема сигналов с ультранизким уровнем токов – модуль измерения нейтронного потока. Модуль оптической связи может быть использован для расширения систем до конфигурации, включающей в себя множество шасси. Кроме того, возможно обеспечение межканальных связей между 2, 3 или 4 каналами ИУС с помощью оптоволоконных связей напрямую между их логическими модулями или образованных с помощью модулей оптической связи.

Логические модули собирают входные данные от модулей входов в соответствии с сконфигурированной пользователем логикой, обновляют величины управляющих сигналов для модулей выходов, собирают диагностические данные и данные об общем состоянии работоспособности системы от всех модулей входов/выходов и от второго логического модуля, установленных в том же шасси. Модули входов/выходов обеспечивают интерфейсы с другими устройствами (например, детекторами, сенсорами, приводами, устройствами сигнализации). Функциональность каждого модуля определяется логикой, запрограммированной в соответствующей ПЛИС.

Квалифицированный по результатам испытаний информационно-управляющий канал на основе платформы RadICS™ обеспечивает защищенные внешние интерфейсы для работы входов/выходов, 2 независимых блока электропитания, линии связи, локальные входы/выходы (от встроенных в шасси/шкафы детекторов/сенсоров/ключей или к индикаторам). Внутренние интерфейсы шасси обеспечивают связи разных модулей, которые установлены в шасси, посредством выделенных, изолированных, высокоскоростных коммуникационных линий связи (LVDS).

2) ИУ системы безопасности на базе ПЛИС для АЭС.

ПТК УСБ. Программно-технический комплекс управляющих систем безопасности (ПТК УСБ) применяется в качестве технической базы при создании новых и реконструкции действующих систем безопасности на энергоблоках АЭС с реакторами ВВЭР. Концепция, используемая при проектировании ПТК УСБ, позволяет создавать системы управления технологическими процессами для любых объектов с повышенными требованиями к надёжности, быстродействию и качеству выполнения управляющих функций (нефтегазовый комплекс, металлургия, химическая промышленность). ПТК УСБ выполняет следующие основные функции: технологические защиты и блокировки исполнительных механизмов объекта автоматизации; автоматическое регулирование технологических процессов; ручное дистанционное управление исполнительными механизмами объекта. ПТК УСБ обеспечивает выполнение функций, важных для безопасности АЭС: сбор информации и данных; преобразование сигналов и управление сигналами безопасности, детекторами и сенсорами; полная диагностика системы.

В ПТК УСБ заложены следующие принципы построения: универсальность входных цепей (ток, напряжение, сопротивление, “сухой контакт”); масштабируемость (наращивание количества) входов и выходов; простота изменения алгоритмов защит, блокировок и регулирования; универсальность сопряжения с другими системами контроля, управления и регулирования.

ПТК УСБ, в зависимости от класса безопасности технологического объекта, могут быть поставлены в одно-, двух-, трех- или четырехканальном исполнении. ПТК УСБ и его компоненты являются элементами управляющих систем безопасности и соответствуют классу безопасности 2 и имеют классификационное обозначение 2У.

Системы спроектированы и построены в соответствии с действующими национальными стандартами в ЕС и США.

ПТК АРМ-РОМ-УПЗ. ПТК АРМ-РОМ-УПЗ, с использованием платформы Радий, предназначен для применения в качестве технической базы при реконструкции действующих и создании новых систем управления и защит с реактором ВВЭР. Платформа аппаратного обеспечения системы и ПТК АРМ-РОМ-УПЗ разработана в соответствии с действу-

ющими правилами и рекомендациями Международной электротехнической комиссии (МЭК), Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) и Национального научно-исследовательского совета США. Непрерывная диагностика системы обеспечивается интегрированными диагностическими устройствами, которые обслуживаются независимо от рабочей схемы безопасности и объединенного кодирования.

ПТК выполняет следующие основные функции: автоматического регулирования нейтронной мощности реактора и/или давления в главном паровом коллекторе (ГПК) турбины энергоблока АЭС; разгрузки и ограничения мощности реактора на уровнях, соответствующих объему включенного в работу основного технологического оборудования энергоблока АЭС; ускоренной предупредительной защиты (быстрой разгрузки реактора на 40-50% мощности за 3-4 с) при несанкционированных отключениях оборудования.

Для повышения надежности срабатывания защит в ПТК АРМ-РОМ- УПЗ реализовано три уровня формирования выходных сигналов на основе мажоритарной логики «два из трех».

При проектировании ПТК АРМ-РОМ- УПЗ изначально заложены принципы разделения функций комплекса на управляющие и защитные. Различные группы функций реализованы в отдельных, гальванически разделенных между собой, субблоках, что повышает эксплуатационную надежность комплекса в целом. Если того требует процедура лицензирования, система может быть разработана в конфигурации 2-из-4 в соответствии с параметрами качества и надежности.

ПТК СГИУ на основе цифровой информационно-управляющей платформы RadICS™. Характеристики системы на основе ПЛИС: соответствует требованиям 61513 МЭК для систем первого класса; доказаны в использовании безопасность, надежность и удобство обслуживания; полностью проверенный и испытанный диапазон входных и выходных сигналов; гибкое управление избыточностью/резервированием и наличие соответствующей логики; всеобъемлющая «онлайн» диагностика; малое время реакции (менее 10 мс); возможность «горячей» замены модулей; наличие автономного резервного блока питания; лицензионная поддержка АЭС с учетом применяемых местных норм; физическое и функциональное разделение подсистем индикации положения ОР СУЗ и подсистем управления положением ОР СУЗ; интерфейс «человек-машина» может быть модифицирован в соответствии с требованиями конечного пользователя.

Обзор системы: ПТК СГИУ разработан на основе цифровой информационно-управляющей платформы RadICS™ на базе ПЛИС, выполняет функции в полном объеме во всех рабочих режимах, а также в режиме проектной аварийной ситуации. ПТК СГИУ разработан, изготовлен и поставляется в форме высокоинтегрированной унифицированной системы, которая выполняет все требуемые функции. ПТК СГИУ в целом состоит из подсистемы индикации положения стержней и подсистемы управления приводами ОР (стержней) системы управления и защиты (СУЗ) ядерного реактора. Подсистема индикации положения стержней определяет все рабочие параметры положений ОР (стержней) СУЗ реактора и действительные положения стержней в случае аварийного отключения (аварийной остановки) реактора. Подсистема управления приводами стержней СУЗ ядерного реактора выполняет все функции управления приводами регулирующих стержней и содержит комплект размыкателей электропитания приводов регулирующих стержней. ПТК СГИУ может иметь 2 или 3 резервных канала в зависимости от базового/основного дизайна атомного реактора и может применять мажоритарную логику 1oo2 или 2oo3.

Конфигурация ПТК СГИУ содержит шкафы индикации положения стержней, шкафы формирования сигналов управления приводами ОР СУЗ, шкафы питания приводов ОР СУЗ, панели контакторов отключения питания приводов при АЗ и шкафы компьютерные с программным обеспечением для выполнения функций контроля и архивирования данных, а также индикационные панели положения ОР СУЗ и АРМ операторов. ПТК СГИУ предоставляет возможность масштабирования и расширения системы, при необходимости. Он содержит все необходимые модули, программное обеспечение и технологические средства для реализации гибкой адаптации системы, а также до 50% избыточности в ПЛИС для всей системы и отдельных функциональных модулей.

Каждое шасси шкафа содержит один или два логических модуля и может иметь до 14 модулей входов/выходов различных типов – модуль индикации положения стержней, модуль управления приводами стержней, модуль электропитания приводов стержней. Логический модуль собирает данные от модулей входа, выполняет сконфигурированную пользователем управляющую логику, управляет состоянием модулей выхода, а также собирает диагностические данные и данные о работе от всех модулей входов/выходов и второго логического модуля (при его наличии). Модули входов/выходов обеспечивают интерфейсы с другими устройствами (к примеру, датчиками, приводами стержней).

ПТК СГИУ имеет возможности «онлайн» контроля и обслуживания. Он может адаптировать свою логику «голосования» в случае обнаружения ошибок так, что готовность системы не влияет на безопасность. ПТК СГИУ имеет подсистему самодиагностики, которая содержит функции помощи в устранении отказа путем его локализации. В случае отказа ПТК СГИУ переходит в безопасное состояние, оповещая о необходимости срабатывания аварийной защиты. Поддерживает ручную деактивацию приводов стержней (режим отключения питания) для остановки реактора с блочного или резервного щита (пункта) управления с использованием независимых аварийных прерывателей (контакторов) электропитания ОР СУЗ. ПТК СГИУ содержит все необходимые панели управления, дисплеи визуализации положения стержней для блочного или резервного щита (пункта) управления с подачей электропитания для всех этих компонентов человеко-машинного интерфейса прямо от шкафов, входящих в состав ПТК СГИУ.

ПТК АЗ-ПЗ на основе цифровой информационно-управляющей платформы RadICS™. Характеристики системы на основе ПЛИС: соответствует требованиям 61513 МЭК для систем первого класса; доказаны в использовании безопасность, надежность и удобство обслуживания; полностью проверенный и испытанный диапазон входных и выходных сигналов; гибкое управление избыточностью/резервированием (2oo3, 2oo4 и соответствующая логика мажоритарии); всеобъемлющая «онлайн» диагностика; малое время реакции (менее 10 мс); возможность «горячей» замены модулей; автономный резервный блок питания; лицензионная поддержка АЭС с учетом применяемых местных норм; детерминированный режим работы, физическое и функциональное разделение; интерфейс «человек-машина» может быть модифицирован в соответствии с требованиями конечного пользователя.

Обзор системы: ПТК АЗ-ПЗ разработан на основе цифровой информационно-управляющей платформы RadICS™ на базе ПЛИС. ПТК системы АЗ-ПЗ контролирует основные рабочие параметры реактора и в случае необходимости автоматически останавливает его, формируя команды аварийной или предупредительной защиты. ПТК АЗ-ПЗ постоянно контролирует фактические величины нейтронного потока и другие величины технологического процесса, и это определяет формирование сигналов защиты, в случае если эти переменные достигли своих предельных заданных значений. ПТК АЗ-ПЗ передает всю рабочую информацию, необходимую для мониторинга и контроля, в БЩУ и другим системам безопасности и нормальной эксплуатации (например, состояние инициации, заводские и диагностические данные). ПТК АЗ-ПЗ может иметь 3 или 4 резервированных канала в зависимости от проекта ядерной установки, и может применять логику мажоритарного голосования 2oo3 или 3oo4. Конфигурация ПТК АЗ-ПЗ содержит 3 или 4 шкафа формирования сигналов защит, 1 шкаф логики мажоритарного голосования и 1 или 2 шкафа компьютерных с программным обеспечением функций мониторинга и архивирования данных. Каждое из шасси шкафа формирования сигналов защиты содержит один логический модуль и один модуль диагностики, а также до 14 модулей входов/выходов различных типов. Логический модуль собирает данные от модулей входов, выполняет обработку сигналов согласно логике, сконфигурированной при разработке, и обновляет состояния сигналов модулей выходов. Модуль диагностики собирает диагностическую информацию от всех модулей входов/выходов и логического модуля. Модули входов/выходов обеспечивают связь по интерфейсам с другими устройствами (например, сенсорами, приводами). Функциональность модулей определяется логическими алгоритмами, запрограммированными в ПЛИС. Шасси в шкафах ПТК АЗ-ПЗ предусматривают внешние интерфейсы для вводов электропитания, сигналов внешних входов/выходов, линий связи, локальных входных сигналов и индикаторов. ПТК АЗ-ПЗ обладает возможностью «онлайн» контроля и обслужива-

ния с учетом логики мажоритарного голосования. При возникновении отказов в каналах работоспособность ПТК оптимизируется без влияния на безопасность. ПТК системы АЗ-ПЗ имеет встроенную подсистему самодиагностики, которая содержит функции помощи в устранении отказа путем облегчения локализации места отказов. В случае отказа ПТК АЗ-ПЗ переходит в безопасное состояние, оповещая о срабатывании аварийной защиты. ПТК АЗ-ПЗ также позволяет осуществить ручную деактивацию приводов стержней (режим отключения питания) для остановки реактора с блочного или резервного щита (пункта) управления.

Исследования и разработки. Отдел исследований и разработок ПАО «НПП «Радий» предназначен для поиска новых инновационных решений в целях поддержания ведущего положения Компании на рынке ядерной индустрии, а также решения научных и практических задач, возникающих в процессе разработки, изготовления и поставок информационно-управляющих систем (ИУС) на FPGA. Поиск необходимого баланса между инновациями и уже существующими решениями, доказавшими свою эффективность и бизнес-ценность, является одним из ключевых элементов стратегии Компании в области исследований и разработок.

ПАО «НПП «Радий» является одним из передовых предприятий в мире по разработке ИУС на основе FPGA для АЭС. Компания постоянно стремится к поиску новых способов применения технологии, в полной мере реализующих ее преимущества. Конструкторы ПАО «НПП «Радий» разработали новый инновационный продукт - усовершенствованную платформу RadICS на основе FPGA для применения в ИУС АЭС. В настоящее время она находится в процессе сертификации на уровень полноты безопасности в соответствии с требованиями IEC 61508.

Постоянные инвестиции в исследования и разработку, эффективный менеджмент и контакт разработчиков и конструкторов Компании с Заказчиком являются залогом успеха в разработке инновационных решений, соответствующих самым высоким требованиям безопасности и оптимальных по критерию эффективность-стоимость-удовлетворенность заказчика.

ПАО «НПП «Радий», так же, как и другие предприятия, на энергетическом рынке усиливает свою конкурентоспособность, активно развивая контакты с исследовательскими организациями. Конструкторы ПАО «НПП «Радий» тесно сотрудничают с Научно-техническим центром исследований и анализа безопасности инфраструктур.

Находясь в Харькове, центр является независимым подразделением в организационной структуре ПАО «НПП «Радий», которое предоставляет консалтинговые услуги в следующих областях: анализ рисков научных и технических проектов; поддержка лицензирования и сертификации программных систем и программно-технических комплексов; независимая верификация и аудит процессов жизненного цикла программного обеспечения, программно-технических комплексов и проектов на базе FPGA; оценка безопасности информационно-управляющих систем и их компонент; разработка нормативных документов в области разработки и эксплуатации информационно-управляющих систем для критических приложений; тренинги персонала, занимающегося разработкой, анализом и верификацией программных проектов, проектов на базе FPGA и сложных программно-технических комплексов. Центром руководит В.С. Харченко, доктор технических наук, профессор, академик Академии наук прикладной радиоэлектроники. Под его руководством работает восемь высококвалифицированных сотрудников (исследователи и инженеры-конструкторы), специализирующихся на качестве и безопасности систем и программного обеспечения.

3. Правительственные программы (Government involvement programs)

Департамент информации и коммуникаций с общественностью Секретариата КМУ сообщил [8], что правительство утвердило план мероприятий по содействию деятельности иностранных инвесторов. Соответствующее распоряжение Кабинета Министров Украины № 1074 принято 19 декабря 2012 года. Основной целью документа является определение конкретных мероприятий, реализация которых будет способствовать решению и предупреждению возникновения сложностей ведения бизнеса, деятельности европейских инвесторов, а также дополнительному привлечению инвестиций и поддержке развития экономики Украины.

3.1. Инвестиционная реформа в Украине [9]. 6 апреля 2011 при участии Президента Украины Виктора Януковича была рассмотрена и принята Инвестиционная реформа Украины. Общей и основной целью этой реформы является активное привлечение прямых иностранных инвестиций в экономику Украины, формирование положительного инвестиционного имиджа Украины в мире, а также позиционирование Украины как финансового, политического и бизнес-центра в Восточной Европе. Основная функция реализации Инвестиционной реформы была возложена на Государственное агентство по инвестициям и управлению национальными проектами Украины (далее - Держинвестпроект), которое уже активно ведет подготовку к успешному старту и проведению кампании. Несмотря на то, что доля Украины в глобальных инвестиционных потоках не превышает 0,5 процента и конкуренция за инвестора усиливается с каждым годом, Украина обладает очевидными и бесспорными экономическими преимуществами, среди которых: самая высокая в Европе за последние пять лет динамика роста ВВП; наличие одного из крупнейших рынков Восточной Европы (46 млн потребителей); 5-е место в мире по количеству сертифицированных IT-специалистов; стратегически выгодное географическое положение; доступ к четырем из десяти европейских транспортных коридоров; 1/3 мировых черноземов.

Приведенные факты подкрепляются оптимистичными экономическими показателями (на момент принятия реформы в 2011 году – за 2010 год), а именно: рост ВВП на 4,2 процента по сравнению с 2009 годом (падение в 2009 году составило 14,8 процента); почти 6 млрд долларов США прямых иностранных инвестиций (106,0 процентов от объема поступлений за 2009 год); высокие темпы роста объемов производства - 11,0 процентов (в 2009 году наблюдалось падение на 21,9 процента), рост производства в машиностроении (на 27,8 процента). Наша страна, обладая значительным внутренним рынком, разветвленным промышленным и сельскохозяйственным потенциалом, богатыми и разнообразными природными ресурсами, а также выгодным геополитическим расположением, может стать одним из ведущих реципиентов инвестиций. Этот потенциал просто необходимо реализовать! С этой целью нужно осуществлять решительные системные реформы, которые уже проводятся в нашем государстве.

Существует ряд институциональных проблем, которые препятствовали реализации инвестреформы предыдущим президентам и правительствам: бюрократия и коррупция, вызывающие жесткую зарегулированность экономики и изоляцию от международных правил, стандартов и капитала; государственные активы лежат мертвым грузом и не работают на развитие экономики; бюджетные средства развития не работают как “магнит” для привлечения инвестиций и используются крайне неэффективно; государственные гарантии становятся скрытым дефицитом бюджета, а не средством привлечения инвестиций; отсутствие инвестиционных предложений, соответствующих международным стандартам; критически низкая осведомленность в мире об Украине и ее экономическом потенциале; отсутствие механизмов персонального сопровождения стратегических инвесторов; до сих пор на практике не осуществляются проекты государственно-частного партнерства, не реализуется “Закон Украины о концессиях”.

В целях преодоления этих проблем Президентом Украины создана экспериментальная площадка для практической адаптации новых экономических подходов, где ключевыми принципами являются проектное управление, персональная ответственность, приоритет инвестиционных средств над бюджетными, партнерство с лучшими мировыми компаниями, которое осуществляет новая команда, не обремененная старым бюрократическим опытом. Эта площадка – Государственное агентство по инвестициям и управлению национальными проектами Украины. Агентство является основным ответственным за инвестиционную реформу, которая призвана: радикально изменить процедуры администрирования государственных расходов развития; использовать ограниченный ресурс государства, как средство для партнерства с частным капиталом; создать необходимую инфраструктуру для привлечения инвестиций; создать условия для радикального увеличения притока инвестиций. Предполагается, что ее результатом станет радикальное улучшение инвестиционного климата и формирование системы качественных инвестиционных предложений – проектов, подготовленных по международным стандартам.

Другим важным направлением работы по осуществлению реформ является реализация Национальных проектов – своеобразных «точек роста» экономики Украины, центров привлечения инвестиционных ресурсов. «Национальные проекты» – это масштабные экономические проекты, которые имеют стратегическое значение для целых отраслей украинской экономики, направлены на решение отдельных социальных проблем или радикальное экономическое обновление целых регионов. «Национальные проекты» направлены на улучшение качества жизни, энергообеспечения и энергосбережения, повышение уровня человеческого потенциала, кардинальное увеличение притока прямых инвестиций. Каждый из этих проектов фактически означает создание новой индустрии Украины. Это и LNG-индустрия, и мусороперерабатывающая отрасль и отрасль возобновляемой энергетики и др. Государство взяло на себя функцию подготовки стартапов проектов (финансирование технико-экономического обоснования, выделение земельных участков, устранение регуляторных препятствий, а в отдельных случаях - предоставляются государственные гарантии). Национальные проекты - перспективные, выгодные для бизнеса. Их реализация предполагает системные изменения в условиях доступа на рынок, ведения бизнеса, упрощения процедур получения разрешений и их минимизацию, прозрачное законодательное поле. Более 80% средств для «Национальных проектов», даже учитывая их социальную составляющую, будут привлечены с рынка.

Структура Инвестиционной реформы предусматривает 5 ключевых блоков:

1. Инвестпредложения, которые предусматривают формирование механизмов участия украинских инвестиционных проектов в международном инвестиционном рынке. Национальные проекты – важная составляющая этого компонента. Важным механизмом является “Биржа инвестпроектов” – подготовка и продвижение инвестиционных предложений различных форм собственности на инвестиционном рынке. Основная идея заключается в том, чтобы на основе использования инструмента Биржи Украины осуществлять продвижение проектов на международном рынке.

2. Инвестиинфраструктура, в рамках которой будет создана система институтов и механизмов, облегчающих деятельность инвесторов в Украине. Внедрение механизмов реализации инвестиционных проектов по принципу «единого окна», что позволит существенно сократить для инвесторов «время до рынка», обеспечит сопровождение инвестиционных проектов и их послеинвестиционную поддержку. Украинский Банк Развития (УБР) призван стать эффективным механизмом администрирования бюджетных расходов развития, который может изменить процедуру использования многих государственных целевых программ (ДЦП). Фонд регионального развития (ФРР) должен обеспечить осуществление комплексных планов развития регионов и администрировать расходы на их реализацию в части государственного бюджета. Основной функцией деятельности ФРР станет поддержка создания комплексных бизнеспланов развития – “инвестиционной модели” каждого отдельного региона Украины на основе анализа экономического потенциала, природных и трудовых ресурсов, географического положения. Фонд финансирования проектной документации призван решить системную проблему отсутствия качественных инвестиционных проектов на рынке (подготовленных по международным стандартам). Это уникальный инструмент, поскольку он поможет решить сверхсложную проблему финансирования проектной документации для государственных, коммунальных и частных инвестиционных проектов, но на возвратной основе. Особое внимание уделяется государственным гарантиям, которые должны использоваться только для обеспечения стратегических направлений развития экономики и реализации «Национальных проектов». Они не должны быть скрытым дефицитом бюджета, поэтому должны быть направлены только на проекты, которые реализуются на возвратной основе.

3. Инвестпартнерство – новые механизмы сотрудничества государства и частных партнеров для мобилизации государственных активов и мультипликации государственных средств развития. Создание практического механизма государственно-частного партнерства (ГЧП). ГЧП – возможно единственный способ оживить стратегические государственные активы и начать их модернизацию. Также это средство эффективного использования государственного имущества без утраты права собственности. Основная логика –

реализация ГЧП предполагает формирование профессионально подготовленного предложения со стороны государства.

4. Инвестмаркетинг – осуществление скоординированной Информационно-маркетинговой кампании, что существенно улучшит инвестиционную привлекательность Украины в мире. Раздел Инвестмаркетинга предусматривает ежегодное проведение Международного инвестиционного форума высокого уровня. Его тематика должна быть ограничена кругом конкретных экономических тем, которые представляют интерес не только для Украины, но и для государств европейского региона и мира, но в сферах, где Украина имеет значительные конкурентные преимущества или влияет на глобальные (региональные) процессы. Форум проводится при участии лидеров государств, членов правительств и парламентов руководителей ведущих компаний и инвестиционных фондов. Предусматривается также проведение роуд-шоу в мировых финансовых центрах. До сих пор Украина активно не использовала этот очень эффективный механизм привлечения инвестиций из-за отсутствия качественного предложения. Проведение роуд-шоу должно осуществляться постоянно, начиная с осени 2011 года. Презентация будет происходить в 25 мировых финансовых центрах (например, Сингапур, Токио, Сеул, Лондон, Дубай) перед ведущими представителями инвестиционной среды и компаний, суверенных инвестиционных фондов, чиновников. Также будет проводиться Медиакомпания через содержательное позиционирование в ведущих мировых деловых изданиях и имиджевая реклама в ведущих электронных СМИ. Инвестмаркетинг предусматривает запуск единого информационного 5-языкового веб-портала, содержащего обновляемую информацию об Украине, ее инвестиционном потенциале и возможности для осуществления инвестирования. Интегральной частью портала будет электронная интерактивная версия “Биржи инвестиционных проектов”, о которой упоминалось ранее. Для реализации системы информационно-маркетингового обеспечения инвестиционной деятельности в системе Укрнацинвеста будет создано, по аналогии с большинством успешных стран, отдельное подразделение – IPA «InvestUkraine» (Investment Promotion Agency - Агентство по привлечению инвестиций).

5. Инвестклимат – формирование соответствующей законодательной базы, что уже во многих случаях инициированная Президентом Украины или находится на стадии рассмотрения в парламенте (в 2011 году): Закон Украины “Об Индустриальных Парках”, Закон Украины “О Национальных Проектах”, Закон Украины “Об инвестиционной деятельности” (изменения), Закон Украины “Об администрировании госгарантий”, Закон Украины “О Применении бухгалтерской отчетности по международным стандартам”.

Результаты. С помощью Инвестиционной реформы в течение 3-х последующих лет должно быть обеспечено увеличение объема инвестиций до \$ 80 млрд, улучшено суверенные рейтинги Украины (Doing business Всемирного банка до 100 с 145 места сейчас; Global Competitiveness Report Всемирного Экономического Форума в 50 из 82 места сейчас) и уменьшен ежегодный отток ПИИ с 15% до 10%. Все компоненты “ИНВЕСТреформы” базируются на международной практике, но адаптированы к украинским условиям. Более того, срок развертывания “ИНВЕСТреформы” небольшой и может быть реализован до конца года. Внедрение новых подходов в рамках инвестиционной реформы ломает уже десятилетиями сложившуюся систему коррупции, взяточничества и паразитирования на государственном бюджете. Поэтому перед нами стоит четкая задача – поломать хребет этой системе, и не только с помощью жестких карательных мер, а главное – путем системных решений, которые уничтожают сами условия для коррупции.

3.2. Актуальные вопросы развития индустрии информационно-коммуникационных технологий.

Дефицит квалифицированных кадров. *Проблематика.* Существующая система подготовки кадров для индустрии ИКТ не обеспечивает на выходе требования рынка труда. В среднем за год вузы Украины выпускают порядка 20 тысяч специалистов по направлению информационных технологий, из которых только треть обладают знаниями и навыками, необходимыми для работы в компаниях индустрии. Уже сейчас на рынке труда присутствует значительный дефицит квалифицированных кадров, который по экспертным оценкам достигает 30 тысяч человек. В условиях сохранения положительной для Украины конъюнктуры мирового и развития внутреннего рынков сложившаяся ситуация с системой

подготовки кадров существенно угрожает конкурентоспособности отечественной ИКТ-индустрии.

Решение: 1. Необходимо разработать отсутствующие на данный момент профессиональные стандарты в области информационных технологий. 2. Используя лучшие практики развитых стран, сформировать систему независимой оценки качества образования, которая будет признаваться рынком.

Экономические условия работы ИТ-индустрии. *Проблематика.* Индустрия информационных технологий относится к новому экономическому укладу, в основе которого лежит интеллектуальный труд человека, а это в свою очередь значительно влияет на экономическую модель работы компаний по отношению к традиционной. На мировом рынке информационных технологий ведется жесткая конкуренция. Одним из решающих конкурентных преимуществ, которое влияет на выбор страны для размещения заказа, выступает цена. При этом такие страны как Индия и Белоруссия, которые непосредственно конкурируют с Украиной в целях создания благоприятных экономических условий для развития данной сферы деятельности ввели беспрецедентные условия налогообложения. Сложившаяся ситуация заставляет отечественные компании искать пути оптимизации налогообложения, что создает риски ведения бизнеса и дальнейшего развития индустрии в целом.

Решение: Снижение фискальной нагрузки на фонд оплаты труда ИТ-компаний, а именно принятие законопроекта №2063 от 21.01.2013г. «Про внесення змін до розділу XX “Перехідні положення” Податкового кодексу України щодо особливостей оподаткування суб’єктів індустрії програмної продукції». Урегулирование правоотношений в украинском сегменте сети Интернет, связанных с защитой интеллектуальной собственности

Проблематика. Развитие Интернет-технологий имеет решающее значение для эволюции экономических и социальных отношений в обществе, совершенствование системы образования, функционирование электронных СМИ и электронной коммерции в Украине. Несмотря на это, на сегодняшний день нет четких и прозрачных правил развития украинского сектора сети Интернет. Это касается вопросов администрирования адресного пространства украинского сегмента Интернет, взаимодействия сетей, доступа абонентов к сетям операторов, сетевого нейтралитета. Недостаток эффективного законодательства в данной сфере создал предпосылки для формирования стагнационных процессов и возникновения устойчивой тенденции технологического и кадрового отставания в национальном сегменте Интернет за последние пять лет. Это выражается в оттоке пользователей в другие доменные зоны, конфликтах интересов всех участников в системе распространения объектов интеллектуальной собственности в сети Интернет, порождает искусственные барьеры развития Интернет-бизнеса. Отсутствие прогрессивного законодательства создает условия для злоупотребления своими полномочиями правоохранительными органами. Нередки случаи блокирования деятельности ИТ-компаний со стороны правоохранителей без достаточных на то оснований. При этом день остановки работы для ИТ-компаний может стоить десятки и сотни тысяч долларов.

Решение: 1. Разработка и принятие законопроекта по урегулированию правоотношений при администрировании адресного пространства. 2. Проведение анализа регуляторного влияния на рынок норм действующего законодательства в части формирования условий для реализации правового механизма досудебного урегулирования споров и проведения экспертиз, связанных с использованием доменных имен. 3. Разработка и принятие законопроектов, направленных на формирование баланса рыночных интересов между поставщиками, потребителями интеллектуальной собственности, посредниками, с помощью которых передается информация и государством. 4. Разработка методологии реагирования правоохранительных органов на заявления владельцев интеллектуальных прав, которая бы включала в себя, в том числе, запрет на блокирование деятельности компаний без наличия существенных причин и соответствующего решения суда.

Вопросы развития инфраструктуры ИКТ. *Проблематика.* Развитие инфраструктуры ИКТ является ключевой задачей развития индустрии, поскольку создаёт среду внедрения в реальную экономику всех практических разработок рынка. Развитию инфраструктуры мешают существующие проблемы, которые на протяжении пяти последних лет оказывают особо негативное воздействие на рынок, связаны с такими критическими элементами

инфраструктуры как точки обмена трафиком, политики конвергенции, политики маршрутизации и пропуска мультимедийного трафика, политики технологической нейтральности. Продолжает существовать цифровое неравенство, особенно характерное для сельской, горной местности и депрессивных регионов. Проблемным в практической реализации остается переход на оказание операторами персонализированных услуг абонентам. Отсутствие современной законодательной среды, приводящей к формированию несистемных и монопольных по своему характеру рыночных отношений, в конечном счёте создает предпосылки для возникновения угроз национальной информационной безопасности. Анализ таких сценариев представлен в документах МСЭ, принятых в ходе Всемирной конференции по международной электросвязи (3-14 декабря 2012 года, Дубай, ОАЭ).

Решение: 1. Анализ регуляторного влияния на рынок норм действующего законодательства в части эффективности реализации политик конвергенции, маршрутизации и пропуска мультимедийного трафика, технологической нейтральности, принимаемых мер по ликвидации. 2. Анализ регуляторного влияния на рынок норм действующего законодательства в части эффективности принимаемых мер по ликвидации цифрового неравенства. 3. Разработка и принятие законопроектов, направленных на создание экономических условий, позволяющих стимулировать развитие межсетевого взаимодействия участников рынка на базе принципа сетевого нейтралитета. 4. Разработка и принятие законодательства, направленного на формирование системы национальной информационной безопасности в соответствии с современными вызовами.

Правительство утвердило Государственную целевую программу повышения безопасности дорожного движения [10] (пресс-служба Министерства внутренних дел). Она предусматривает ряд мероприятий на период до 2016 года в рамках выполнения Программы экономических реформ на 2010-2014 годы «Зажиточное общество, конкурентоспособная экономика, эффективное государство». Проект постановления Кабинета Министров Украины был рассмотрен на заседании Правительства 25 марта для обеспечения выполнения требований ряда нормативных актов.

Среди них, в частности, Национальный план действий на 2012 год по внедрению Программы экономических реформ на 2010-2014 годы «Зажиточное общество, конкурентоспособная экономика, эффективное государство», утвержденный Указом Президента от 12 марта 2012 года № 187/2012, План мероприятий по реализации Стратегии повышения уровня безопасности дорожного движения в Украине на период до 2015 года, утвержденный распоряжением Кабинета Министров от 21 марта 2012 года № 140-р, а также постановление Кабинета Министров от 8 августа 2012 года № 771 «Об одобрении Концепции Государственной целевой программы повышения уровня безопасности дорожного движения в Украине на период до 2016 года». Целью принятия акта является обеспечение возможности реализации государством в течение 2013-2016 годов широкого круга мероприятий, направленных на противодействие дорожно-транспортной аварийности и укрепление базовых принципов системы безопасности дорожного движения в Украине. Реализация Программы позволит повысить уровень безопасности дорожного движения, уменьшить количество дорожно-транспортных происшествий и снизить степень тяжести их последствий, а также минимизировать человеческие потери и финансовые убытки в результате ДТП. Кроме того, принятие Программы позволит повысить эффективность государственной политики в сфере обеспечения безопасности дорожного движения, улучшить состояние улично-дорожной сети по параметрам безопасности, а также повысить уровень соблюдения Правил дорожного движения его участниками.

4. Академические программы (Academia programs)

Из статьи министра Табачника Д.В.: «Высшее образование – стратегическое направление развития страны. За последние два года в высшей школе произошло немало событий: формирование Национальной рамки квалификаций, изменения в структуре госзаказа, организация обучения и стажировки за рубежом за государственные средства, продолжение оптимизации сети вузов, совершенствование проведения вступительной кампании. В течение последних двух лет вступительные кампании у нас проходят на высоком уровне – организованные, прозрачные и демократические. Учитывая результаты поступления 2012 года, министерство подготовило усовершенствованную версию Условий приема в 2013

году. В этом году по решению правительства существенно увеличен объем приема по государственному заказу по сравнению с 2011-м на такие направления подготовки, как электроника, энергетика и энергетическое машиностроение, радиотехника, радиоэлектронные аппараты, связь, металлургия и материаловедение, машиностроение и металлообработка, химическая технология и инженерия, авиационная и ракетно-космическая техника, транспорт и транспортная инфраструктура. Хотя для большинства граждан Национальная рамка квалификаций ни о чем не говорит, для высшего образования – это очень важный документ. Рамка также нужна для введения европейских стандартов и принципов обеспечения образования. Цель ее внедрения – содействие международному признанию полученных в Украине квалификаций. Сейчас ученые разработали проекты и осуществляют мероприятия по экспериментальному внедрению новейших стандартов по некоторым направлениям. Оптимизация высших учебных заведений – одна из задач, которая стоит перед министерством. Известно, что в Украине перенасыщение вузов. Поэтому для приведения сети высших учебных заведений к европейским нормам, устранения дублирования подготовки специалистов по отдельным направлениям и специальностям в течение 2010-2012 годов образовано 9 региональных университетских центров на базе 22 высших учебных заведений. Эффективным проектом стало создание Криворожского государственного университета, в который вошли два университета, два НИИ и два структурных подразделения других вузов. Отдельно следует рассказать о введении обучения студентов и аспирантов, а также научных и научно-педагогических работников в ведущих странах. Эта правительственная программа реализуется с 2011 года по инициативе Премьер-министра Н.Азарова. Впервые на нее выделено более 35 млн грн, а в 2012 году на это предусмотрено 40 млн грн. Еще нужно остановиться на обучении иностранных студентов в Украине. Ярким свидетельством роста авторитета украинских вузов есть устойчивая тенденция увеличения контингента иностранцев, которые сейчас получают высшее образование в Украине из 137 стран. Их количество возросло до 56 тысяч в 2012/2013 учебном году. Украина входит в десятку государств – лидеров в области международного образования. Правительство реализует меры по социальной поддержке участников учебного процесса в высшей школе, в частности, осуществляет поэтапные шаги по повышению оплаты труда работников. Студенты стали получать академические стипендии, увеличенные по сравнению с 2008 годом на 37,7%. Стипендии для отличников выросли почти на 34%, а социальные – на 51,7%.”

Основные положения проекта Закона Украины «О высшем образовании». Проект Закона Украины «О высшем образовании» (новая редакция, № 9655 от 28.12.2011) разработан с учетом современных требований экономики Украины, вхождения национального высшего образования в Европейское пространство высшего образования и перехода системы высшего образования к внедрению Национальной рамки квалификаций. Проект Закона предусматривает обеспечение качественного состояния правового регулирования отношений в области высшего образования. Изменения коснулись практически всех статей. Принятие законопроекта будет способствовать реализации впервые в Украине единого образовательного пространства, без которого невозможно ставить вопрос о признании в мире украинских дипломов, продолжении обучения студентов, аспирантов в зарубежных университетах. В основе изменений предусмотрены следующие два подхода: первый – реформирования системы высшего образования в соответствии с условиями социально ориентированной экономики; второй – адаптация к Европейскому пространству высшего образования.

Языком цифр: сегодня в Украине функционируют 823 высших учебных заведения I-IV уровней аккредитации, в которых учится более 2,1 млн студентов. Учебный процесс обеспечивают 36,4 тыс. педагогических и 158,9 тыс. научно-педагогических работников, среди которых 69,3 тыс. кандидатов наук и 13,9 тыс. докторов наук [11].

Бизнес, который хочет преуспеть, должен «жениться» на образовании. И эта семья должна работать на пользу государства. Такое мнение во время конференции «Роль и место бизнеса в развитии профессионально-технического образования в Украине» высказал заместитель Министра образования и науки Б. Жебровский [12].

4.1. Партнерство вузов Украины с европейскими университетами. Существует меморандум о сотрудничестве между Европейским колледжем польских и украинских университетов, подписано соглашение о научном и учебном сотрудничестве с Высшей школой администрации и управления в Пшемышле (Польша). Данные партнерские соглашения благоприятно скажутся на развитии системы образования в Украине и будут способствовать интеграции Украины в общепринятую систему европейских стандартов образования [13].

Постоянно осуществляется поиск и мониторинг международных образовательных программ. Объявлен конкурс по программам: ДААД (Германия), “Программа обмена будущими лидерами” Американской ассоциации международного образования, образовательная программа Фонда им. Фулбрайта для выпускников высших учебных заведений (США), Британская стипендия для последипломного образования в Великобритании, Магистерская и кандидатская программы им. Эдмунда Маски Департамента по вопросам культуры и образования США и Совета научных исследований и обменов (США), Евразийская программа обмена студентами Департамента по вопросам культуры и образования США и Совета научных исследований и обменов (США).

Распоряжением Кабинета Министров Украины от 27 августа 2010 г. N 1728 утвержден План мероприятий по развитию высшего образования на период до 2015 года, согласно которому Министерству образования и науки, центральным и местным органам исполнительной власти поручено обеспечить выполнение Плана мероприятий, утвержденного этим распоряжением, и информировать ежегодно Кабинет Министров Украины о состоянии его выполнения [14].

Следует отметить, что План мероприятий по развитию высшего образования на период до 2015 года содержит стратегические и содержательные положения, направленные, в частности, на оптимизацию сети государственных высших учебных заведений, расширение организационно-правовых основ функционирования подготовительных отделений в составе высших учебных заведений с учетом потребности в создании условий для подготовки поступающих в указанные учреждения; обеспечение инновационного развития высшего образования путем внедрения в учебный процесс новых информационных, телекоммуникационных технологий, интерактивных форм и методов обучения, совершенствование механизма лицензирования и аккредитации высших учебных заведений с учетом особенностей подготовки специалистов с высшим образованием, а также на принятие мер к формированию независимых аккредитационных агентств и агентств по признанию документов об образовании. При этом необходимо предусматривать их финансирование на хозрасчетной основе, обеспечение развития исследовательских университетов как ведущих центров научной, инновационной деятельности и повышении результативности научных исследований в высших учебных заведениях, развитии государственного и частного партнерства в сфере образования, направленных на расширение и совершенствование учебной, лабораторной, материальной базы ведущих университетов.

Всеукраинская общественная организация “Совет по конкурентоспособности индустрии информационно-коммуникационных технологий Украины” считает своей миссией разработку и выполнение Программы развития индустрии информационно-коммуникационных технологий Украины, которая будет включать следующие направления и задачи:

1) Реализация системы мер по созданию и совершенствованию соответствующего нормативно-правового, нормативно-технического и институционального обеспечения развития информационного общества с учетом мирового опыта.

2) Создание в индустрии информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) конкурентной среды с прозрачными правилами игры и гарантиями защиты прав инвесторов, что необходимо для привлечения инвестиций (со стороны как иностранных, так и украинских инвесторов).

3) Ускоренное развитие информационно-коммуникационной инфраструктуры страны путем создания надлежащих условий для привлечения значительного объема инвестиций как со стороны предприятий индустрии ИКТ, так и со стороны потребителей продукции и услуг ИКТ - населения, предприятий, учреждений и организаций.

4) Расширение возможностей доступа граждан к информационным технологиям, Интернету и информационным ресурсам в целях образования, обучения, общения с государственными органами в рамках «электронного правительства», развития независимых СМИ, создания основ гражданского общества, широкого использования средств ИКТ. Создание и развитие сети пунктов коллективного доступа (ПКД) населения к ИКТ на основе сотрудничества между государством и предпринимателями, в том числе малым бизнесом (создание частных ПКД в компьютерных клубах, школах).

5) Создание венчурной индустрии и технологических кластеров экономики знаний (экспортно-ориентированная индустрия разработки программного обеспечения) в целях реализации интеллектуального и научно-технического потенциала Украины и занятия ею достойного места в международном разделении труда, развития образования, предотвращения «утечки мозгов», увеличения валютных поступлений.

6) Совершенствование защиты интеллектуальной собственности на программное обеспечение и базы данных для повышения инвестиционной привлекательности индустрии ИКТ.

7) Внедрение концепции «электронного правительства» (предоставление государственных услуг с использованием ИКТ) в целях повышения эффективности обслуживания органами государственной власти и местного самоуправления населения и бизнеса, уменьшения коррупционного фактора, усиления связи между государством и гражданами, улучшения имиджа государственных органов среди граждан, создания основ гражданского общества.

8) Внедрение информационно-аналитических систем и электронного документооборота в сфере государственного управления для повышения эффективности управления и создание базы для проведения административной реформы; внедрение систем управления предприятием и электронного документооборота на предприятиях для повышения эффективности управления и производительности труда, снижения себестоимости продукции, повышения конкурентоспособности, увеличения поступлений в бюджет, создания новых рабочих мест.

9) Внедрение систем электронного бизнеса (электронной торговли) для эффективного удовлетворения потребностей потребителей, уменьшения затрат на торговые операции и, как результат, увеличения прибыльности предпринимательства, ускорения оборота денег в банковской сфере, эффективной борьбы с ростом цен, повышения уровня прозрачности экономики.

10) Внедрение технологий «дистанционного обучения», «телемедицины», «удаленной работы» для повышения качества образования и здравоохранения, создания новых рабочих мест и борьбы с бедностью, предотвращения оттока высококвалифицированных специалистов, проведения эффективной региональной политики и выравнивания уровней социально-экономического развития регионов.

11) Создание массовой системы образования граждан по пользованию ИКТ и пропаганды научно-технических знаний в этой сфере. Развитие «электронного доверия» населения к возможностям ИКТ и создание условий безопасного пользования информационными сетями.

12) Реализация системы мер, направленных на формирование имиджа Украины как страны высоких технологий, в которой гармонично сочетаются духовные, интеллектуальные и научно-технические достижения с демократическими достижениями (как для привлечения иностранных инвесторов, так и для вывода на новый уровень экспортно-ориентированной индустрии ИКТ, а также для увеличения доверия к украинским финансовым инструментам на международных финансовых рынках, противодействия негативному информационному влиянию других стран, в перспективе - изменения роли Украины в международном сообществе).

Основные разделы и задачи Программы развития индустрии ИКТ:

1) *Совершенствование системы государственного регулирования и институциональная реформа в сфере ИКТ.* Главным недостатком существующей системы институционального распределения полномочий относительно государственного управления и регулирования в области ИКТ, включая законодательное обеспечение развития информаци-

онного общества, является фактическое дублирование функций и полномочий различными институтами. Система формирования и реализации государственной политики в сфере ИКТ крайне неэффективна. Задачи: осуществить анализ существующей системы государственного управления и регулирования в области ИКТ, включая существующее положение законодательного обеспечения развития информационного общества, и на основе этого анализа провести общественную дискуссию по совершенствованию системы государственного регулирования в сфере ИКТ, включая процесс законодательного обеспечения развития информационного общества; разработать предложения по совершенствованию системы государственного регулирования и институциональной реформы в сфере ИКТ, включая совершенствование процесса законодательного обеспечения развития информационного общества.

2) *Законодательное (нормативное) обеспечение развития индустрии ИКТ.* На сегодняшний момент сфера ИКТ регулируется основными законодательными (нормативными) актами, указами и поручениями Президента Украины.

3) *Образование в сфере ИКТ.* Действующая система подготовки кадров для индустрии ИКТ не удовлетворяет на выходе потребности рынка труда. В среднем за год высшие учебные заведения Украины выпускают около 20 тысяч специалистов только для сектора программной продукции. Из них, по оценкам экспертов, лишь 10-15% способны начать работать в компаниях индустрии с одновременным продолжением обучения. При этом стоимость подготовки специалистов по этим направлениям государственными вузами для Госбюджета кое-где достигает 30 тысяч грн в год. Ситуация, сложившаяся в сфере подготовки кадров для индустрии ИКТ, непосредственно влияет как на себестоимость, так и на качество продукции, а следовательно, является угрозой для конкурентоспособности индустрии ИКТ.

Задачи: приведение учебных планов, программ учебных дисциплин и других документов в соответствие с определенными потребностями рынка (на постоянной основе); стандартизация требований к преподавательскому составу и формирование механизма повышения квалификации в соответствии с разработанными стандартами; стандартизация требований к материально-технической базе учебных заведений; внедрение системы независимой оценки качества образования; развитие и поддержка олимпиадного движения по математике, информатике, физике и других профессиональных дисциплинах; модернизация программ подготовки по курсу информатики в школах; пропаганда ИКТ-образования.

4) *Индустрия программной продукции* включает в себя следующие секторы: аутсорсинг (разработка программного обеспечения на заказ) и предоставление ИТ-услуг; системная интеграция, разработка собственных программных продуктов. Индустрия программной продукции относится к новому экономическому укладу, в основе которого – интеллектуальный труд человека, что, в свою очередь, существенно влияет на экономическую модель работы по отношению к традиционной. На мировом рынке услуг в сфере информационных технологий в настоящее время сложилась жесткая конкуренция. Решающим конкурентным преимуществом, влияющим на выбор страны для размещения заказа, является цена. При этом страны, являющиеся непосредственными конкурентами Украины на мировом рынке ИКТ, в целях создания базовых условий для конкурентоспособности отечественных ИТ-компаний и их работников создали беспрецедентные условия налогообложения. На рынке трудовых ресурсов Украины наблюдается существенный дефицит квалифицированных кадров. После обучения в высших учебных заведениях Украины лишь 10-15% способны начать работать в компаниях индустрии. Такая ситуация существенно «разжигает» рынок трудовых ресурсов, ведет к удорожанию стоимости конечной продукции и невозможности удовлетворения имеющегося спроса на продукцию и услуги отечественных компаний. Около 70% валового дохода индустрии программной продукции формируется за счет сектора аутсорсинга, который является стратегически важным с точки зрения формирования технологической экспертизы, но по доходности значительно уступает разработке и продаже собственных завершенных продуктов.

Задачи: создание базовых экономических условий для развития индустрии программной продукции, а именно – снижение ставки налога на доходы физических лиц, полученные в виде зарплаты от ИТ-компаний, до 5% от базы начисления, сужение базы начисления

единого взноса на общеобязательное государственное социальное страхование до двух минимальных зарплат, освобождение от налогообложения налогом на добавленную стоимость услуг в сфере ИКТ, программных продуктов и всех этапов его создания и поддержки; разработка методики оценки влияния налогов и других общеобязательных платежей на конкурентоспособность сфер экономической деятельности и на соответствующие поступления таких платежей от субъектов налогообложения; совершенствование системы подготовки кадров для индустрии программной продукции; формирование благоприятных условий для создания инновационных программных продуктов.

5) *Информационно-коммуникационная инфраструктура* состоит из информационных ресурсов в информационном пространстве и каналов связи (телекоммуникаций), включая сеть Интернет как информационную систему общего доступа. Кроме непосредственного обеспечения развития информационного общества, развитие информационно-коммуникационной инфраструктуры влияет на развитие экономики страны в целом. Так, по общим оценкам (из доклада ООН) на каждые 10% роста уровня проникновения среди населения и бизнеса широкополосной связи в стране можно ожидать увеличения национального валового внутреннего продукта (ВВП) в среднем на 1,3%. В настоящее время отечественный рынок телекоммуникаций в показателях: более 4,6% ВВП Украины, 2675 субъектов хозяйствования, осуществляющих деятельность в сфере телекоммуникаций. Из них 1738 операторов имеют лицензии на соответствующий вид деятельности в сфере телекоммуникаций; 19,9 млн пользователей сети Интернет или 51% жителей Украины, которые имеют доступ к сети Интернет – 16% домохозяйств, имеющих широкополосный доступ к сети Интернет – 20% украинских домохозяйств имеют доступ к услугам кабельного телевидения; почти полное покрытие территории страны подвижной (мобильной) связью, уровень проникновения которой составляет 121,8% от общей численности населения Украины.

Сфера информатизации по официальным показателям: за январь – май 2012 года объем услуг, реализованных потребителям предприятиями в сфере информатизации, составил 3,5 млрд грн, что в сопоставимых ценах на 23,8% выше уровня соответствующего периода прошлого года: в структуре объема реализованных услуг 80% составляли услуги по консультированию в вопросах информатизации (23%), разработке программного обеспечения в этой сфере (40%), а также деятельность, связанная с базами данных (17%) – за 1 квартал 2012 года инвестиции в основной капитал от деятельности в сфере информатизации 137,4 млн грн, что составляет 135,1% к аналогичному периоду 2011 года и 0,3% от общего объема инвестиций.

Задачи развития телекоммуникаций в Украине, включая развитие Интернета, определены Стратегией развития телекоммуникаций в Украине, утвержденной распоряжением Кабинета Министров Украины в июне 2006 года. Остаются актуальными вопросы выполнения этой стратегии в части внедрения новейших технологий в телекоммуникациях, включая введение сетей следующего поколения подвижной (мобильной) связи, распространение количества пользователей широкополосного доступа к сети Интернет, развитие и оптимизацию всех элементов телекоммуникационной инфраструктуры украинского сегмента Интернет (в том числе с системой транзита Интернет-трафика) в целях создания равных условий для доступа потребителей к Интернет и обеспечения развития в Украине информационного общества, надлежащего уровня качества доступа к сети Интернет, развития пунктов коллективного доступа к сети Интернет в населенных пунктах, в которых отсутствует возможность распространения индивидуального подключения.

Задачи: осуществить анализ нормативного применения в части выполнения требований Стратегии развития телекоммуникаций в Украине; разработать рекомендации по внесению изменений и дополнений в указанной стратегии и обратиться к Национальной комиссии, осуществляющей государственное регулирование в сфере связи и информатизации, а также в Кабинет Министров с предложением поддержать такие рекомендации; ускорение разработки и внедрения системы «Электронное правительство» и предоставление административных услуг, которая должна предусматривать взаимодействие различных органов государственной власти, министерств и ведомств – как составляющие развития единого информационного пространства в государстве; предусматривать необходимость разработки единых стандартов использования инфотехнологий, создание единых протоколов и рег-

ламентов, которые позволят обеспечить взаимодействие различных программ и систем в едином информационном пространстве; создание условий для внедрения широкополосных типов подключений пользователей к сети Интернет, например, путем отнесения услуг доступа к сети Интернет в перечень общедоступных телекоммуникационных услуг; внедрение Фонда универсальных услуг, содействовать развитию доступа к сети Интернет до уровней районных центров, поселков, удаленной, труднодоступной местности; содействовать внедрению современных (3G (UMTS) и 4G (LTE) стандартов передачи данных в сетях всех операторов, на сегодня работают в стандарте GSM, что обеспечит возможность ежечасного удобного доступа к сети Интернет на большинстве территории Украины.

6) *Совершенствование правоотношений в украинском сегменте сети Интернет, связанных с защитой интеллектуальной собственности.* Отсутствие эффективной и прогрессивной законодательной базы в этой области приводит к оттоку пользователей в другие домены зоны, конфликту интересов всех участников Сети в системе распространения объектов интеллектуальной собственности, создает искусственные барьеры для развития Интернет-бизнеса.

7) *Формирование инновационной экосистемы.* Формирование конкурентоспособности экономики Украины напрямую связано с созданием отечественной инфраструктуры, что стимулирует образование, становление и расширенное воспроизводство инновационных компаний. Решение этой задачи предполагает создание в Украине современных инновационных центров и формирование эффективной инновационной экосистемы - симбиоз технологических стартапов, сервисных предприятий, крупного высокотехнологичного бизнеса, исследовательских центров, частных инвесторов и государственных институтов финансовой прединвестиционной поддержки технологического предпринимательства. Одновременно высокотехнологичный бизнес к тому же является высокорискованным. Но кроме эффективной инновационной экосистемы в Украине до сих пор не сформировано правильное отношение общества к риску и неудачам.

Задачи: создание современных инновационных центров; формирование эффективной инновационной экосистемы (технологические стартапы, сервисные предприятия, наличие крупного высокотехнологичного бизнеса, исследовательские центры, частные инвесторы и государственные институты финансовой прединвестиционной поддержки технологического предпринимательства); создание грантового фонда поддержки инновационных проектов.

8) *Национальное платежное пространство.* На отечественном рынке электронных платежных систем наблюдается рост его монополизации. Около 90% карт, находящихся в обороте на территории Украины, эмитированы под брендами международных платежных систем, в то время как 99,7% всех операций с платежными картами являются внутригосударственным. Сегодня в Украине 1,2 млн активных карт, эмитированных под брендом национальной платежной системы НСМЭП, в то время как под брендами Visa и Master Card - более 30 млн карт. Ежегодная сумма комиссий (операционные, лицензионные, сертификационные и др.), выплачиваемых украинскими банками международным платежным системам VISA и Master Card, превышает 50 млн долларов, налоги с которых в Украине этими системами не уплачиваются. Существуют серьезные риски для финансовой самостоятельности Украины в сфере карточных платежей из-за отсутствия национальной инфраструктуры для осуществления полного операционно-расчетного цикла (внутригосударственная маршрутизация, многосторонний клиринг, окончательные межбанковские расчеты): отсутствует национальный технологический оператор, который бы выполнял внутригосударственную маршрутизацию операций с картами и осуществлял расчет результатов многостороннего клиринга; существует полный контроль над национальным трафиком операций с картами через технологические центры международных платежных систем, которые находятся за рубежом, что несет угрозы полного прекращения внутригосударственных операций вследствие внешних причин, неподконтрольных с территории Украины (политические, экономические, технологические, чрезвычайные риски и так далее – в 2003 году международные платежные системы VISA и Master Card уже угрожали прекратить внутригосударственные операции, если Украина не примет законы по требованию FATF); продолжается утечка капитала вследствие постоянно растущих требований международных платежных систем VISA и Master Card к украинским банкам о размеще-

нии за рубежом страховых депозитов для обеспечения внутригосударственных расчетов (около 200 млн долларов).

Задачи: создание национальной платежной системы и Единого Национального платежного пространства.

9) *Электронная коммерция.* В последние годы в Украине стремительно растет количество сделок (как гражданских, так и хозяйственных), заключенных с помощью электронных средств связи, или даже таких, которые полностью осуществляются в электронной среде. Вместе с тем, в действующем законодательстве Украины остаются неурегулированными ряд проблемных вопросов осуществления электронной коммерции, в результате чего она превратилась в один из ведущих (удобных) способов совершения правонарушений: уклонение от уплаты налогов, реализация некачественной продукции, невыполнение установленного заказа полностью или, продажа запрещенной продукции (работ и услуг), введение в заблуждение покупателей в части несоответствия качества, ассортимента, возможность быстрой поставки товаров и услуг, изменение условий оферты после ее акцепта и / или заказа, нарушение прав интеллектуальной собственности. Все это обуславливает необходимость совершенствования существующих в Украине механизмов осуществления электронной коммерции, подготовки конкретных изменений в законодательство Украины, которым регулируется соответствующий круг правоотношений, внедрения эффективной системы гарантирования защиты прав и интересов физических и юридических лиц, которые заключают или выполняют соглашения с помощью Интернет технологий, использования мирового опыта развития электронной коммерции. Целью этих действий является формирование общих принципов и основных направлений совершенствования законодательства Украины, регламентирующего порядок, формы и условия осуществления электронной коммерции, разработку действенного механизма защиты прав потребителей и противодействия правонарушениям, совершаемым с помощью или через Интернет.

10) *Предложения по разработке и реализации приоритетного национального проекта «Сеть исследовательских университетов».* Сегодня именно исследовательские университеты являются центрами разработки и коммерческого внедрения инноваций в экономику развитых стран мира.

Согласно Классификации института Карнеги опытным есть университет, который отвечает следующим критериям: предлагает полный перечень бакалаврских программ; имеет возможности предлагать образование через программы докторантуры; предоставляет высокий приоритет научным исследованиям; присуждает 50 или более докторских (в украинской системе оценки – кандидатских и докторских) ученых званий; получает ежегодно 40 млн долларов или более государственных источников финансирования.

Современные исследовательские университеты проводят исследования в таких приоритетных направлениях: нанотехнологии, биотехнологии, фармакология, медицина, энергетика. Экономический эффект от такой деятельности составляет десятки миллиардов долларов и сотни высокоэффективных рабочих мест.

Принципиальная схема разработки и внедрения инноваций, например, в Университете Лундту (Швеция) является следующей: учитывается примерно 100 идей в год; из них – 30 идей принимаются к разработке; из них – 10 проектов приводят к формированию предприятий или к продаже лицензий; внедрение результатов научных исследований осуществляется через систему кластеров, т.е. аналога научных парков, но созданных в том числе и для поднятия уровня промышленного и сельскохозяйственного производства и создания новых рабочих мест в определенном регионе. При этом предприятия, которые внедряют результаты исследования в экономику, создаются при участии университета, ученых и частного бизнеса. На сегодня в Украине устойчивой системы исследовательских университетов не существует. Можно говорить лишь о некоторых университетах, имеющих развитый научный потенциал, но по сравнению с другими украинскими университетами. О сравнении украинских университетов с лучшими европейскими или американскими университетами можно говорить лишь в отдельных научных отраслях. Например, университет Империял Колледж (Лондон), который является шестым в мировом рейтинге университетов по классификации QS, общий бюджет его составляет 1 млрд 200 млн долларов. Из них на научные исследования тратится 42 процента, или 504 млн долларов. Общий бюджет

Киевского национального университета им. Шевченко, который в этом году занял место в этом же рейтинге, составляет около 100 млн долларов. Из них лишь несколько процентов расходуется на научные исследования. Похожая картина в двух других украинских университетах, которые в этом году попали в рейтинг QS: Донецкий национальный университет и Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт».

Основными проблемами украинских исследовательских университетов являются: отсутствие, как правило, современной исследовательской базы; недостаточность государственного и частного финансирования научных разработок; отсутствие современного менеджмента создания и внедрения инноваций в производство; отсутствие юридической и экономической системы поощрения создания научных разработок, необходимых экономике; отсутствие национальной сети исследовательских университетов (НМДУ), что давало бы возможность финансировать междисциплинарные и межотраслевые исследования и обмениваться необходимым опытом.

Задачи: рассмотреть идею определения национального перечня исследовательских университетов и создать НМДУ, что позволит: адекватное и взвешенное государственное финансирование наиболее перспективных научных разработок в области естественных и инженерных наук; государственное финансирование закупок лабораторного и другого оборудования, необходимого для современных научных исследований; развитие инновационного менеджмента; развитие инвестиций в университетские инновации; внедрение результатов научных исследований в производство; создание научно-производственных кластеров на основе исследовательских университетов и производственных и научных предприятий.

11) *Развитие адаптивной активной энергетики Украины* (Смарт-энергетика Украины). На сегодняшний день проблема модернизации электросистемы в Украине является исключительно актуальной и крайне важной с точки зрения обеспечения ее энергетической безопасности. С одной стороны, существует множество объективных факторов, а именно:

- ежегодное ухудшение состояния магистральных и распределительных электрических сетей, находящихся в эксплуатации более 40 лет. Значительно возросло количество объектов, которые отработали свой технический ресурс;

- нехватка финансирования для модернизации и реконструкции действующих электрических сетей и электроподстанций, что приводит к снижению надежности энергетической системы. Нехватка финансовых ресурсов делает невозможным восстановление, модернизацию и реконструкцию действующих электрических сетей всех классов напряжения, а также строительство новых линий электропередачи;

- неудовлетворительное состояние распределительных электросетей, что приводит к аварийным ситуациям в регионах страны. Неудовлетворительное состояние электрических сетей, их несоответствие действующим нормам и режимам электропотребления, а также низкий уровень приборов учета приводит к значительному росту технологических затрат при транспортировке электроэнергии (21,1%);

- ухудшение состояния объектов электрогенерации. Практически все объекты энергетики были построены более 35 лет назад, недостаток финансирования привел к их существенному износу (около 95% энергоблоков ТЭС отработали свой расчетный ресурс. Коэффициент износа мощностей (НАЭК) достигает 35%).

С другой стороны, происходит изменение условий функционирования рынков электроэнергии, что приводит к необходимости повышения энергетической и экологической эффективности электроэнергетики. Растут требования потребителей к надежности и качеству электроснабжения, появляются новые информационные и телекоммуникационные технологии, позволяющие повышать эффективность процессов производства и управления. Таким образом, перед Украиной стоит проблема определения возможного сценария развития электроэнергетики: проведение модернизации отдельных видов оборудования, распределенное внедрение технологий или внедрение новых инновационных решений, радикальные изменения, ориентированные на общественное развитие и обеспечение существенного повышения потребительских свойств и эффективности использования энергии. На сегодня все ведущие индустриальные страны развиваются именно по второму сценарию. Инновационный сценарий привел к появлению системной идеологической платформы (концепции)

преобразования электроэнергетики в целом, затрагивающей все ее основные элементы: генерацию, передачу и распределение (включая и коммунальную сферу), сбыт и диспетчеризацию.

Задачи: инициация проекта, в котором разработать элементы концепции технологического базиса smart-grid, что системно отразит ключевые аспекты перспективного развития интеллектуальной электроэнергетики Украины. Концепция должна включать в себя основные направления и принципы, характеристики и параметры развития интеллектуальной энергетики, перечень основных усилий в создании эффективной интеллектуальной электроэнергетики, что обеспечит повышение надежности электроснабжения, высокий уровень эффективности и энергетической безопасности Украины, а также сохранение окружающей среды.

Содержание проекта. В проекте предлагается усилиями ведущих организаций в области энергетики и информационных технологий разработать следующее:

- провести анализ технологической компетенции электроэнергетики Украины, а также всей инфраструктуры (ИТ - компании, вузы, научные институты), в рамках которых должна создаваться инновационная инфраструктура для smart grid Украины;

- проект должен стать коммуникационной платформой для привлечения всех ключевых стейкхолдеров, заинтересованных в создании высокоэффективной электроэнергетики Украины;

- поскольку 76% основного оборудования трансформаторных электроподстанций вырабатало свой расчетный технический ресурс, необходимо в рамках данной концепции сформулировать основные направления создания современных цифровых подстанций, разработки принципов и анализа компонентной базы автоматизированных систем управления этими подстанциями;

- концепция развития цифровых подстанций с участием передовых украинских производителей информационно-управляющих систем позволит интегрировать опыт, накопленный ими при проведении модернизации объектов энергетики, с высокими требованиями к надежности и безопасности;

- интеллектуальное управление активно-адаптивной сетью, участие «умных» энергопотребителей в управлении режимами сетевого энергоснабжения резко повысит объем взаимного обмена данными всех участников, объектов и узлов сети в режиме реального времени. Такой информационный обмен требует как соответствующей телекоммуникационной инфраструктуры, так и технологий ее защиты на качественно новом уровне. В этой связи в проекте должны быть разработаны методы обеспечения информационной безопасности для цифровых подстанций с учетом различных вариантов реализации компонентной базы (микроконтроллеры, ПЛИС), применение мобильных и облачных технологий.

Основные работы, выполняемые в проекте:

- анализ концепций развития smart-grid ведущих индустриальных стран. Анализ основных подходов к обеспечению ключевых требований (ценностей) к новой электроэнергетике;

- анализ специфики условий реализации концепции smart-grid в Украине;

- определение структуры технологического базиса концепции smart-grid в Украине. Определение основных информационных и телекоммуникационных технологий, которые имплементируются в электроэнергетике;

- разработка концепции создания информационно-управляющих систем цифровых подстанций (магистральных и распределительных электросетей);

- разработка подходов к обеспечению информационной безопасности smart-grid в Украине для цифровых подстанций;

- разработка предложений по пилотным субпроектам для внедрения разработанной концепции.

Поступила в редколлегию 14.04.2013

Список литературы: 1. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Украина>. 2. <http://www.ua.all.biz/proektirovaniye-elektronnyh-komponentov-i-sistem-bsc1903>. 3. <http://www.ua.all.biz/razrabotka-elektronnyh-komponentov-i-sistem-bsc1902>. 4. <http://konstruktorskoe-byuro-karat.uaprom.net>. 5. <http://www.imp.lg.ua>. 6. <http://hartron.com.ua>. 7. <http://www.radiy.com/eng>. 8. <http://www.kmu.gov.ua/control/ru/publish/>

article?art_id=245936946&cat_id=244313416_от 04.01.2013. **9.** <http://www.ukrproject.gov.ua/ru/page/investitsiina-reforma-v-ukraini>. **10.** http://www.kmu.gov.ua/control/ru/publish/article?art_id=246182804, 25.03.2013. **11.** <http://www.mon.gov.ua/ru/comments/5546-aleksey-dneprov-my-platim-ochen-vysokuyu-tsenu,-otkladyvaya-prinyatie-zakonoproekta-o-vysshem-obrazovanii.-gazeta-obrazovanie-ukrainy—9-ot-4-marta-2013>, Газета «Образование Украины» № 9 от 4 марта 2013. **12.** <http://www.mon.gov.ua/ru/comments/6344-biznes-dolgeen-geenitsya-na-obrazovanii—boris-geebrovskiy>. **13.** <http://www.ukraineineurope.com/partnerstvo.html>. **14.** <http://law-clinic.net/legal/210/903/> Статья «Концептуальные основы и направления развития высшего образования в Украине».

Хаханов Владимир Иванович, декан факультета КИУ ХНУРЭ, д-р техн. наук, профессор кафедры АПВТ ХНУРЭ. IEEE Senior Member. IEEE Computer Society Golden Core Member. Научные интересы: проектирование и тестирование вычислительных систем, сетей и программных продуктов. Увлечения: баскетбол, футбол, теннис, горные лыжи. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. +380 57 70-21-326. E-mail: hahanov@kture.kharkov.ua.

Чумаченко Светлана Викторовна, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой АПВТ ХНУРЭ. Научные интересы: дискретная математика, моделирование вычислительных систем. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. +380 57 70-21-326. E-mail: ri@kture.kharkov.ua.

Литвинова Евгения Ивановна, д-р техн. наук, профессор кафедры АПВТ ХНУРЭ. Научные интересы: техническая диагностика цифровых систем, сетей и программных продуктов. Увлечения: плавание, горные лыжи. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 70-21-326. E-mail: kiu@kture.kharkov.ua.

МЕТОД КОМПРЕССИИ ВИДЕОПОТОКА НА ОСНОВЕ ПОЛИАДИЧЕСКОГО КОДИРОВАНИЯ ПРЕДСКАЗЫВАЕМЫХ КАДРОВ

Разрабатывается метод полиадического кодирования предсказываемых Р-кадров на основе сегментации изображений и алгоритм обработки сегмента на основе выбора его типа (I-, Р-сегмент), позволяющий повысить степень сжатия путем уменьшения длины кодового представления предсказанного сегмента.

1. Введение

Последние годы ознаменовались интенсивными разработками систем телевидения высокого разрешения HDTV и динамичным развитием мультимедиа приложений в Интернет-инфраструктуре [1], что резко увеличило долю видеотрафика в телекоммуникационных сетях. Наряду с этим постоянно возрастают и требования к качеству видео. Это приводит к тому, что ни одна сеть передачи данных не способна обеспечить требуемую ширину каналов и емкость носителей без постоянного совершенствования алгоритмов сжатия видео.

Сложности, связанные с передачей видеоданных в соответствии с требованиями сервисов, проявляются не только в росте объемов информации, но и в возникновении пульсаций интенсивности потоков данных, поступающих в телекоммуникационную сеть, которая обусловлена: различной разрешающей способностью видеотрафика; различной степенью сложности изображений; наличием помех и обрывов; количеством абонентов, подключенных к единому каналному ресурсу.

Видеопоток для обработки использует классификацию кадров по типам [2]: I – (основной), Р – (предсказанный), В-кадр (двунаправленное предсказание). Кадры I типа сжимаются с применением информации, имеющейся только в этих кадрах, и используют для обработки алгоритмы JPEG; Р-кадры формируются с помощью кодирования с предсказанием на основе предыдущего I- или Р-кадра, а В-кадры обрабатываются с применением двунаправленного предсказания, т.е. с привлечением предшествующих и последующих I- и Р-кадров. I-кадры имеют наивысшее качество, однако по сравнению с другими типами их степень сжатия недостаточно высока, так как в них устраняется только пространственная избыточность данных. Поэтому формирование видеопоследовательности только из I-кадров будет нецелесообразно. Для увеличения степени сжатия вводят кадры Р-типа, в которых устраняется два вида избыточности: пространственная (малое изменение цвета в соседних пикселях) и временная (подобие между соседними кадрами). Для сокращения пространственной избыточности применяется кодирование с преобразованием, а для временной - кодирование с предсказанием и блоковая компенсация движения. Относительно опорных Р-кадры сжимаются сильнее за счет использования факта о подобии соседних кадров в видеопоследовательности. Фактически Р-кадры содержат изменения относительно предыдущего I- или Р-кадра.

Для организации своевременной доставки потока видеоданных широко применяются методы компрессии, базирующиеся на дискретно-косинусных преобразованиях изображений с последующим кодированием компонент трансформант статистическими кодами. При реализации методов статистического кодирования используются таблицы стандартных статистических кодов с заранее известной статистикой. Таблицы ссылок (индексов или категорий) расположены в порядке возрастания частот вхождений, таблицы кодов для коэффициентов трансформанты передаются вместе с закодированной видеоинформацией, поэтому известны на приемной и передающей стороне.

Используемое в современных алгоритмах сжатия статистическое сжатие, основанное на кодировании Хаффмана, имеет ряд существенных недостатков: высокая чувствитель-

ность к ошибкам, невозможность определить степень сжатия и битовую скорость до начала кодирования, большие задержки при построении дерева или таблицы кодов для длинной видеопоследовательности.

Таким образом, можно говорить о недостаточной эффективности применяемых методов сжатия при обработке сильнонасыщенных реалистичных изображений и видеопотоков высокого качества, которые не удовлетворяют требованиям, предъявляемым к ним по времени обработки, битовой скорости и качеству восстановления видеоданных.

Отсюда цель исследований заключается в разработке алгоритмов обработки предсказанных Р-кадров на основе метода кодирования, позволяющего производить формирование кода в соответствии с заданными критериями качества изображения.

2.Основной материал

В основе видеоданных лежат растровые изображения, основным недостатком которых является большой объем их цифрового представления. Это одна из основных причин больших временных задержек в процессе обработки и передачи видеоданных (оцифрованных изображений) в телекоммуникационных сетях.

Исходное изображение представляет собой массив пикселей размерностью $M \times N$, которое перед сжатием разбивается на сегменты размерностью $m \times n$ (рис. 1).

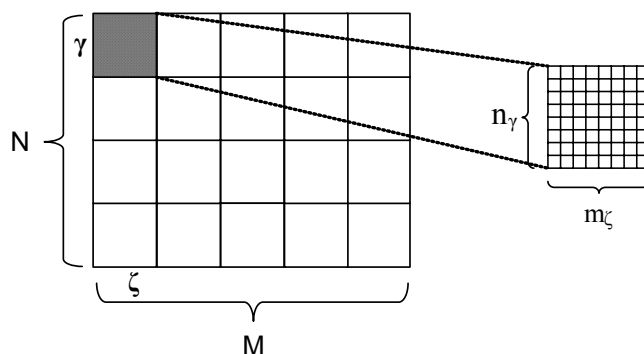


Рис. 1. Сегментация изображения: (ζ, γ) определяют координаты сегментов в пространстве изображения; m_z – размерность сегмента в столбце; n_γ – размерность сегмента в строке

Для организации сжатия потока видеоданных в основном применяются методы, реализованные в формате JPEG, которые базируются на дискретно-косинусном преобразовании (ДКП) и позволяют реализовать кодирование с потерями, но обеспечивают высокую степень сжатия при заданном качестве изображения. Однако для необходимого увеличения степени сжатия и скорости обработки в Р-кадрах можно использовать несколько иные методы. Разработаем метод обработки Р-кадров с применением полиадического кодирования.

На этапе предобработки производится перевод исходного изображения в цветовое пространство YUV. Это позволяет частично сократить высокочастотную цветовую составляющую и, тем самым, уменьшить количество учитываемых пикселей для каналов цветности, что ведет к повышению степени сжатия.

Далее производится вычисление разности значений сегмента текущего Р-кадра с соответствующим сегментом в предыдущем I- или Р-кадре (рис. 2), или кодирование с предсказанием. Оно основывается на аппроксимации формы сигнала, т.е. кодирование кривой с помощью ее значений в отдельных позициях и восстановление ее формы на приемном конце по этим отдельным отсчетам. Такая аппроксимация отображается следующей формулой:

$$x(t)_{i,j} = \sum_{t=1}^p a_t x(t-t')_{i,j}, \quad (1)$$

где $x(t)_{i,j}$ – (i,j) -я компонента сегмента изображения текущего t -го кадра; $x(t-t')_{i,j}$ – компонента сегмента изображения $(t-t')$ -го кадра; a_t – коэффициент аппроксимации; P – порядок модели.

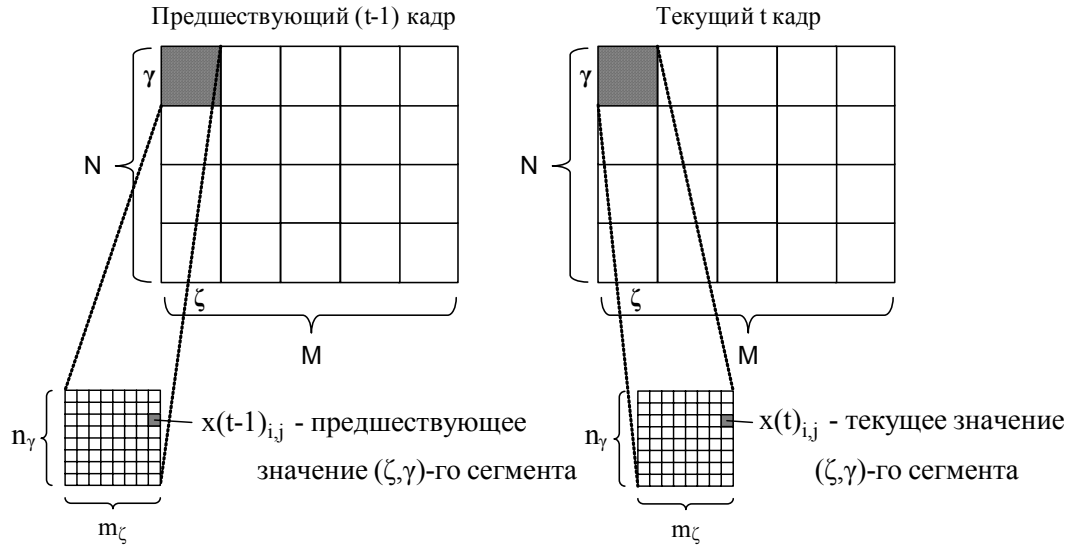


Рис. 2. Размещение элементов сегментов изображений в процессе обработки

Важный принцип предсказания - это принцип “сохранения предыдущего значения”, т.е. предполагается, что значение предыдущего отсчета сохранится и в последующий момент времени. Формула (1) тогда модифицируется в следующий вид:

$$x(t)_{i,j} = a_t x(t-1)_{i,j}; \quad a_t = 1. \quad (2)$$

Тогда для кодирования подается разностное значение между текущим t и предыдущим $(t-1)$ кадрами:

$$e(t)_{i,j} = x(t)_{i,j} - x(t-1)_{i,j}. \quad (3)$$

Здесь величина $x(t)_{i,j}$ – аппроксимированное значение компоненты. Восстановление сигнала на приеме заключается в том, что к предыдущему значению компоненты прибавляется разность: $x(t)_{i,j} = x(t-1)_{i,j} + e(t)_{i,j}$.

Межкадровая разница размером $m \times n$ элементов, представляется в виде двумерного массива, элементами которого являются предсказанные разностные значения:

$$E(t)^{(z,g)} = \begin{bmatrix} e(t)_{1,1} & \dots & e(t)_{1,j} & \dots & e(t)_{1,m} \\ e(t)_{i,1} & \dots & e(t)_{i,j} & \dots & e(t)_{i,m} \\ e(t)_{n,1} & \dots & e(t)_{n,j} & \dots & e(t)_{n,m} \end{bmatrix}, \quad (4)$$

где $e(t)_{i,j}$ – (i,j) -я разностная компонента (z, g) -го сегмента изображения текущего кадра.

Перед началом кодирования сегмента определяется его тип, т.е. каким образом он будет обработан. Для этого задается функционал $f(E(t)^{(z,g)})$, который учитывает общий объем данных, битовую скорость и особенности дальнейшей технологии кодирования при обработке (z, g) -го сегмента. Производится сравнение функционала полученного разностного массива с заданным пределом ΔD . Если он не превышает требуемое значение $f(E(t)^{(z,g)}) \leq \Delta D$, то далее сегмент будет обрабатываться с использованием кодирования с предсказанием (P-тип). Если в сегменте появился новый объект и значение функционала

превышает ΔD , то происходит переход к алгоритмам, используемым для кодирования I-кадров, т.е. он кодируется независимо (I-тип) (рис. 3).

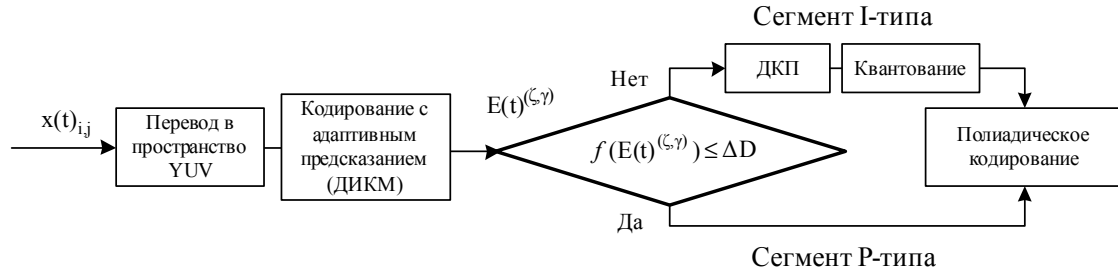


Рис. 3. Обобщенный алгоритм кодирования сегмента изображения

В итоге перед началом полиадического кодирования сегмент проходит либо этап предсказания по предшествующим значениям (Р-тип), либо, в случае перехода к варианту независимой обработки (I-тип), текущий сегмент проходит этап трансформирования и квантования.

Трансформирование осуществляется с помощью ДКП, суть которого заключается в преобразовании матрицы (z, g) -го сегмента изображения в матрицу частотных коэффициентов соответствующего размера.

Дискретное косинусное преобразование является обратимым и по новой матрице может быть полностью восстановлена исходная. Но полученная новая форма записи информации об изображении позволяет в дальнейшем с помощью квантования существенно сократить итоговый объем данных. Это ведет к потерям информации и, соответственно, к снижению качества восстановленного в декодере видеоизображения, но при разумном выборе величины порога это ухудшение может быть допустимым.

Процедура квантования заключается в сопоставлении номера кванта каждому коэффициенту (z, g) -й трансформанты:

$$z(t)_{i,j} = \left\lfloor \frac{y(t)_{i,j} + q/2}{q} \right\rfloor,$$

где $y(t)_{i,j}$ – $(i; j)$ -й частотный коэффициент; q – шаг квантования; $\left\lfloor y(t)_{i,j} \right\rfloor$ – означает операцию округления до ближайшего целого, не превышающего $y(t)_{i,j}$.

В зависимости от типа сегмента, при формировании полиадического кода будет выбираться также количество избыточности, которая будет сокращаться в результате полиадического кодирования.

Под одномерным полиадическим кодированием понимается процесс формирования кода $N(t)_i^{(z,g)}$ для i -го столбца (z, g) -го сегмента $E(t)_i^{(z,g)}$ с учетом заданной системы оснований $\Lambda(t)^{(z,g)}$, выбранной для i -го столбца (z, g) -го сегмента [3], т.е.

$$N(t)_i^{(z,g)} = \sum_{i=1}^m e(t)_i \prod_{\eta=i+1}^n \lambda(t)_\eta, \quad (5)$$

здесь $\Delta x(t)_i$ – элемент одномерного полиадического числа; $\prod_{\eta=i+1}^n \lambda(t)_\eta$ – весовой коэффициент элемента $e(t)_i$.

Одномерным полиадическим числом, в данном случае, называется одномерная последовательность (одномерный вектор) i -го столбца матрицы $E(t)_i^{(z,g)} = \{e(t)_1, \dots, e(t)_i, \dots, e(t)_m\}$, элементы которой удовлетворяют смешанной системе оснований $\Lambda(t)^{(z,g)} = \{\lambda(t)_1, \dots, \lambda(t)_i, \dots, \lambda(t)_m\}$ [1]. Одномерная смешанная система основа-

ний Λ представляет собой одномерный вектор-столбец, компонентами которого λ_i являются произвольные целые числа конечной размерности; при их выборе необходимо выполнение неравенства:

$$e(t)_i \leq \lambda(t)_i - 1, \text{ для } i = \overline{1, m}, \quad (6)$$

где m – количество элементов полиадического числа; $\lambda(t)_i$ – основание i -го элемента одномерного полиадического числа.

Обозначим через $H(t)^{(\zeta, \gamma)}$ вектор-столбец весовых коэффициентов (z, g) -го сегмента, $H(t)^{(\zeta, \gamma)} = \{h(t)_1, \dots, h(t)_i, \dots, h(t)_n\}$, элементами которого являются весовые коэффициенты $h(t)_i^{(\zeta, \gamma)}$:

$$h(t)_i^{(\zeta, \gamma)} = \prod_{\eta=i+1}^n \lambda(t)_\eta. \quad (7)$$

Под весовым коэффициентом элемента полиадического числа понимается множитель, величина которого указывает на степень значимости позиции, занимаемой данным элементом в кодируемой последовательности. Весовой коэффициент образуется в результате накопленного произведения оснований младших элементов одномерного полиадического числа. Для i -го элемента одномерного полиадического числа младшими будут элементы $e(t)_\eta$, индексы которых равны $\eta = \overline{i+1, n}$. Согласно выражению (5), чем больше индекс позиции, тем меньше значение весового коэффициента.

Если задан вектор весовых коэффициентов $H(t)^{(\zeta, \gamma)}$, то выражение (5) для формирования кода $N(t)_i^{(\zeta, \gamma)}$ одномерному числу $E(t)_i^{(\zeta, \gamma)}$ в матричной форме примет вид:

$$N(t)_i^{(\zeta, \gamma)} = H(t)^{(\zeta, \gamma)'} E(t)_i^{(\zeta, \gamma)}, \quad (8)$$

где H' – транспонированный вектор весовых коэффициентов одномерного полиадического числа:

$$H(t)^{(\zeta, \gamma)'} = \left\{ \prod_{\eta=2}^n \lambda(t)_\eta, \dots, \prod_{\eta=i+1}^n \lambda(t)_\eta, \dots, 1 \right\}. \quad (9)$$

Верхней границей $h_{\max}$ значения кода одномерного полиадического числа для заданной системы оснований $\Lambda(t)^{(\zeta, \gamma)}$ является накопленное произведение оснований всех элементов $\prod_{\eta=1}^n \lambda(t)_\eta$:

$$N(t)_{\max}^{(\zeta, \gamma)} < h_{\max} = \prod_{\eta=1}^n \lambda(t)_\eta, \quad (10)$$

здесь $N(t)_{\max}^{(\zeta, \gamma)}$ – максимально возможное значение кода для заданного вектора оснований $\Lambda(t)^{(\zeta, \gamma)}$, состоящего из n элементов.

Код полиадического числа называется кодом в неравномерном базисе значений, компоненты которого удовлетворяют смешанной системе оснований [4].

Схема формирования кода задается двумя этапами. На первом этапе кодирования для заданного сегмента данных определяется система оснований $\Lambda(t)^{(\zeta, \gamma)}$, удовлетворяющих ограничениям (6). Это осуществляется путем выбора максимального элемента $\max e(t)_{1,j} + 1$ для j -й строки (z, g) -го сегмента и последующим увеличением его на единицу. Таким образом, формируются элементы вектора оснований для каждой строки матрицы.

На втором этапе задается вектор-столбец весовых коэффициентов $H(t)^{(\zeta, \gamma)}$ в соответствии с формулой (7). Полиадическое число для сегмента формируется из элементов его

столбцов в соответствии с выражением (5). Элементы такого числа в результате кодирования последовательно собираются в цепочку, которая далее представляется в двоичной или десятичной форме.

Такая схема кодирования приводит к снижению количества разрядов на кодовое представление массивов видеоданных.

Важным свойством полиадических чисел является возможность вычисления кода для массива данных на основе аналитического выражения. При этом необходимо знать только значения элементов массива данных и значения компонент вектора оснований. Поэтому не требуется организовывать формирование таблицы допустимых чисел и проводить поиск в таблице необходимого индекса, соответствующего обрабатываемому числу.

Использование полиадических чисел и их кодирование позволяет уменьшить количество вычислительных операций относительно существующих статистических кодов, что дает возможность осуществлять обработку видеоданных в реальном времени.

3. Выводы

1. Разработан метод кодирования, который основан на использовании двух типов сегментов, выбираемых по заданному пределу ΔD , в предсказанных Р-кадрах с применением полиадического кодирования. Представлен обобщенный алгоритм кодирования сегмента изображения и варианты обработки в зависимости от его типа.

2. В результате полиадического кодирования изображения формируется последовательность кодов-номеров, представляющих собой номера обрабатываемых сегментов изображений в множестве допустимых полиадических чисел.

3. Полиадический код является количественной характеристикой насыщенности блока разными видами структурных особенностей. Для Р-кадров с большим числом изменяющихся деталей относительно предыдущего кадра полиадический код является характеристикой степени насыщенности области разностными элементами. Значение кода будет тем меньше, чем больше отношение площади, имеющей мало изменяющуюся структуру, к площади изображения передаваемого объекта, и наоборот.

4. Важным свойством полиадических чисел является возможность вычисления кода для массива данных на основе аналитического выражения. Поэтому не требуется организовывать формирование таблицы допустимых полиадических чисел.

5. Дополнительное повышение степени сжатия происходит за счет уменьшения длины кодового представления предсказанного сегмента; вследствие адаптивного выбора системы оснований полиадического числа.

Список литературы: 1. *Олифер В.Г.* Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. СПб.: Питер, 2006. 958 с. 2. *Gonzales R. C.* Digital image processing / R.C. Gonzales, R.E. Woods. Prentice Inc. Upper Saddle River, New Jersey 2002. 779 p. 3. *Баранник В.В.* Кодирование трансформированных изображений в инфокоммуникационных системах / В.В. Баранник, В.П. Поляков. Х.: ХУПС, 2010. 212 с. 4. *Баранник В.В.* Метод сжатия изображений на основе неравновесного позиционного кодирования битовых плоскостей / В.В. Баранник, Н.К. Гулак, Н.А. Королева // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. Х.: ХНАУ "ХАІ", 2009. Вип. 1. С. 55–61.

Поступила в редколлегию 13.02.2013

Баранник Владимир Викторович, д-р техн. наук, начальник кафедры боевого применения и эксплуатации АСУ Харьковского университета Воздушных Сил. Научные интересы: обработка и передача информации. Адрес: Украина, 61023, Харьков, ул. Сумская, 77/79.

Харченко Наталия Андреевна, инженер 2 категории ХНУРЭ. Научные интересы: обработка и сжатие видеоданных. Адрес: Украина, 61000, Харьков, ул. Слинько, 20а, кв. 60, тел. 97-07-38.

Кривонос Владимир Николаевич, инженер Харьковского университета Воздушных Сил. Научные интересы: кодирование и защита информации для передачи в телекоммуникационных системах. Адрес: Украина, 61023, Харьков, ул. Сумская, 77/79. Электронная почта: k.v.n-26@mail.ru.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА И АППАРАТУРЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ДИСЛОКАЦИЙ В ПОДЛОЖКАХ КРЕМНИЯ И АРСЕНИДА ГАЛЛИЯ

Рассматриваются вопросы усовершенствования метода, методики и аппаратуры измерения плотности дислокаций в подложках кремния и арсенида галлия. Показывается, что существующие методы измерения плотности дислокаций в условиях серийного производства подложек не удовлетворяют современным требованиям как по точности, так и по производительности. Решением задачи явилась разработка автоматического комплекса измерения плотности дислокаций «ТВ-Дислок 1» на основе телевизионного метода. Определяется относительная погрешность комплекса, значение которой не превышает $\pm 10\%$.

1. Введение

Известно, что производительность электронных устройств, их качество и технические параметры зависят от наличия дефектов и дислокаций в подложках [1]. В работе [2] показана корреляция снижения квантовой эффективности подложек Si: GaAs для светоизлучающих диодов и показано, что линии дислокаций могут выступать в качестве центров безизлучательной рекомбинации. Влияние дислокаций и дефектов упаковки на производительность GaAlAs/GaAs светодиодов и деградацию лазеров на основе ZnSe описано в [3,4].

В связи с этим к совершенству структуры подложек кремния и арсенида галлия, которая в основном определяется плотностью дислокаций и микродефектов, предъявляются исключительно высокие требования. Для создания электронных приборов и фотоэлементов на основе арсенида галлия требуются монокристаллы с плотностью дислокаций, не превышающих 10^3 - 10^4 см⁻² для выращенных по методу с жидкостной герметизацией. Из вышесказанного можно сделать вывод о том, что контроль дислокаций и дефектов в арсениде галлия и кремнии является актуальной научно-технической задачей. Ее решение позволит привести качество подложек к современным требованиям, которые выдвигают мировые производители к этому параметру, и оперативно корректировать технологические процессы производства слитков и подложек.

В настоящее время определение дислокаций и дефектов производят различными методами, среди которых метод избирательного травления, метод декорирования, метод просвечивающей электронной микроскопии и метод рентгеновской топографии.

Из всех этих методов в промышленных условиях серийного производства широко распространен метод избирательного травления с последующим измерением плотности дислокаций в соответствии с ГОСТ 19658- 81 и стандартами ASTM F81- 77, план А, план В и план С.

Эти стандарты определяют количество полей зрения микроскопа и их расположения на поверхности пластины, структуры или на торце слитка. Общим недостатком этих методик является невозможность применить сплошной 100%-й контроль на различных стадиях производства, значительная трудоемкость и большие погрешности оценки плотности дислокаций. Так, по оценкам [5] систематическая составляющая погрешности подобных методик определения плотности дислокаций может превышать 30%, а случайная составляющая погрешности приближается к 100%.

Решением данной проблемы является модернизация существующих и разработка новых методов, методик и аппаратуры контроля микродефектов и плотности дислокаций в подложках кремния и арсенида галлия.

Целью данной работы является усовершенствование метода и аппаратуры измерения плотности дислокаций в подложках кремния и арсенида галлия.

Для достижения цели необходимо решить следующие **задачи**:

- усовершенствовать метод определения плотности дислокаций, позволяющий автоматизировать процесс измерения;
- разработать структурную схему и алгоритм работы автоматического комплекса, измерения плотности дислокаций и микродефектов в подложках кремния и арсенида галлия;
- разработать методику метрологической аттестации автоматизированного комплекса.

2. Постановка задачи

При разработке новых методик контроля плотности дислокаций в подложках кремния и арсенида галлия необходимо стремиться к выполнению требований:

1. Методика должна обеспечивать неразрушающие измерения.
2. Результаты измерения должны хорошо коррелировать с применяемыми в промышленности методами, изложенными в ГОСТ или ASTM.
3. Погрешность измерения должна быть не хуже, чем в существующих методах.
4. Должна обеспечиваться высокая производительность измерений.

Выполнение этих требований возможно только при использовании автоматизированных комплексов, в основе которых лежит телевизионный метод распознавания и подсчета плотности дислокаций и микродефектов.

Рассмотрим телевизионный метод распознавания изображения. На практике не всегда удаётся выявить на видеоизображении всю полезную информацию. Часть её не регистрируется аппаратурой из-за слабого контраста, фоновой неоднородности и не поддаётся анализу.

Для устранения этих проблем необходимо решить такие задачи:

1. Обработать изображение для более детального выделения дислокаций на нем.
2. Отфильтровать шумы, которые получаются после обработки изображения.
3. Разработать алгоритм для автоматизированного определения плотности дислокаций.

Одной из основных задач обработки и анализа изображений является сегментация, т.е. разделение изображения на области, для которых выполняется определенный критерий однородности, например, выделение на изображении областей приблизительно одинаковой яркости.

Для выделения дислокаций была применена бинаризация с двойным ограничением ($t_1 < t_2$):

$$f'(m, n) = \begin{cases} 0, f(m, n) \geq t_1 \\ 1, t_1 < f(m, n) \leq t_2 \\ 0, f(m, n) > t_2 \end{cases} \quad (1)$$

После бинаризации изображений на фотографии остается очень много «шума», который мешает выделить необходимые нам области. Для решения такой задачи можно предположить, что на изображении имеется область (условно называемая объектом), средняя яркость которой выше или ниже, чем средняя яркость другой области, на фоне которой она наблюдается.

Если области наблюдений характеризуются функцией распределения одного вида, то можно записать:

$$F_0(x) = F_1(x - \Delta) \quad (2)$$

Здесь $F_0(x)$, $F_1(x)$ – функции распределения объекта и фона, соответственно. Такая модель адекватно описывает изображения, получаемые, например, в результате аддитивного взаимодействия двумерного двухуровневого эталона $S, S, S = \{M_0, M_1\}$ и белого шума ξ_{ij} . При этом

$$x_{ij} = S_{ij} + \xi_{ij}, \quad (3)$$

где x_{ij} – отсчёт изображения. Упомянутый выше алгоритм квантования мод для бинарного случая представляется в виде

$$Y_{ij} = \begin{cases} \Lambda_0, x_{ij} \leq C, \\ \Lambda_1, x_{ij} > C, \end{cases} \quad (4)$$

здесь $\Lambda_{0,1}$ – метка яркостного класса отсчета; C – порог сегментации. Для метода квантования мод он выбирается по межмодовому минимуму гистограммы. Представим правило ранговой бинарной сегментации в форме, подобной (4):

$$\gamma R_{ij} = \begin{cases} \Lambda_0, R_{ij} \leq C_R, \\ \Lambda_1, R_{ij} > C_R, \end{cases} \quad (5)$$

где R_{ij} – ранг x_{ij} отсчета изображения; C_R – порог сегментации. Можно показать, что выбор порога $C_R=1$, где 1 – количество элементов фона изображения, обеспечивает минимум безусловной ошибки классификации P_{ij} отсчета изображения с помощью правила (5):

$$P_{ij} = \frac{(n-1)}{n} \cdot P_{0/1} + \frac{1}{n} \cdot P_{1/0}. \quad (6)$$

Здесь $P_{0/1}, P_{1/0}$ – условные вероятности ошибки классификации фонового отсчета, как отсчета объекта и фона, соответственно; n – общее количество элементов изображения. При неперекрывающихся распределениях яркости объекта и фона правило [5] обеспечивает нулевую вероятность ошибки классификации. Очевидно, что в большинстве реальных приложений информации о количестве элементов фона изображения, которое является параметром алгоритма сегментации, заранее не существует. Поэтому в (5) предлагается использовать оценку количества элементов фона, построенную по имеющейся выборке наблюдений.

Предположим, что на изображении, состоящем из n точек, имеются области фона, содержащие 1 элемент. Количество элементов объекта в этом случае – $n-1$. Предположим также, что каждому отсчету x_{ij} поставлен в соответствие его ранг R_{ij} в вариационном ряду, составленном из всех элементов изображения. Сформируем рабочую выборку из рангов m элементов изображения $\{R_1, R_2, \dots, R_m\}$, локализующихся в компактную область на изображении. Форма упомянутой области, из которой извлекаются отсчеты рабочей выборки, роли не играет. Так, рабочая выборка может быть сформирована из отсчетов, попадающих в квадратное “окно”. Ранги наблюдений, не попавших в рабочую выборку, составляют опорную выборку. В общем случае, вследствие произвольного способа формирования рабочей выборки последняя является неоднородной, т.е. содержит ранги элементов как объекта, так и фона. Распределение рангов неоднородной рабочей выборки зависит от количества фоновых элементов l , имеющихся на данном изображении (l – параметр, который нам необходимо оценить), и от количества элементов фона, содержащихся в рабочей выборке k . При неперекрывающихся распределениях яркости объекта и фона можно показать [1], что достаточной статистикой для параметра l является вектор $\{R_k, R_{k-1}\}$. С учетом этого максимально правдоподобная оценка l вычисляется следующим образом:

$$l = \arg_1 \max P_R(R_k, R_{k-1} / l, k). \quad (7)$$

Положим сначала, что количество фоновых отсчетов изображения, попавших в рабочую выборку, известно и равно k . Подставляя выражения для соответствующих распределений в (6), получаем следующий алгоритм вычисления максимально правдоподобной оценки l :

$$l = \begin{cases} R^{(k)}, g(R^{(k)}) < g(R^{(k-1)}) , \\ R^{(k-1)}, g(R^{(k)}) > g(R^{(k-1)}) . \end{cases} \quad (8)$$

Здесь $g(x)$ - функция, определенная на множестве натуральных чисел следующим образом:

$$g(x) = C_x^k \cdot C_{n-x}^{m-k}. \quad (9)$$

Если k заранее неизвестен, то можно предположить, что для неперекрывающихся распределений максимально правдоподобная оценка может быть найдена следующим образом:

$$k = \arg_l \min(C_{R^{(k)}}^{k-1} \cdot C_{n-R^{(k)}}^{m-k}). \quad (10)$$

С учётом этого

$$\hat{l} = \hat{l}(\hat{k}), \quad (11)$$

где $\hat{k}$ – максимально правдоподобная оценка количества фоновых элементов рабочей выборки, а $\hat{l}(\hat{k})$ – функция (7). Необходимо отметить, что максимально правдоподобная оценка $\hat{l}$, вычисляемая согласно (7), является смещенной.

3. Разработка автоматического комплекса измерения плотности дислокаций в подложках кремния и арсенида галлия.

Структурная схема комплекса представлена на рис. 1, где 1 – микроскоп, 2 – видеокамера, 3 – исследуемая пластина, 4 – блок управления двигателями, 5 – двигатель перемещения по X, 6 - двигатель перемещения по Y, 7 – ПК.

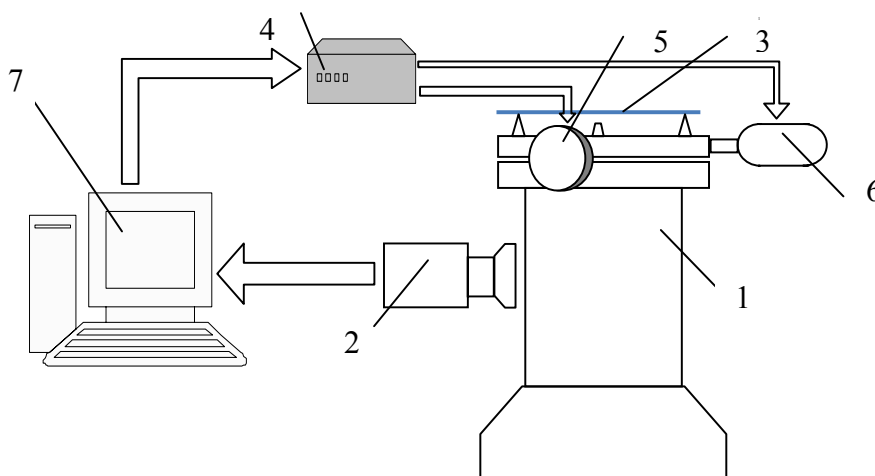


Рис. 1. Структурная схема автоматического комплекса определения плотности дислокаций в подложках арсенида галлия и кремния «ТВ-Дислок 1»

Изображение подложки арсенида галлия через оптическую схему микроскопа МИИ-4 (1) поступает на телевизионную камеру (2), которая через порт USB связана с компьютером (7). Для осуществления автоматического режима перемещения подложки относительно окуляра микроскопа используется блок управления (4) и два двигателя перемещения по осям X и Y (5,6).

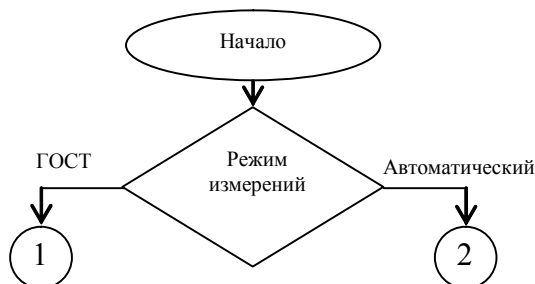


Рис. 2. Алгоритм начала работы автоматического комплекса, определения плотности дислокаций в подложках арсенида галлия и кремния «ТВ-Дислок 1»

Изложенные выше требования к методике приводят к необходимости проведения измерения как в ручном режиме, в соответствии с ГОСТ 19658- 81, так и в автоматическом режиме. Следовательно, можно синтезировать алгоритм работы комплекса «ТВ-Дислок 1», который представлен на рис. 2.

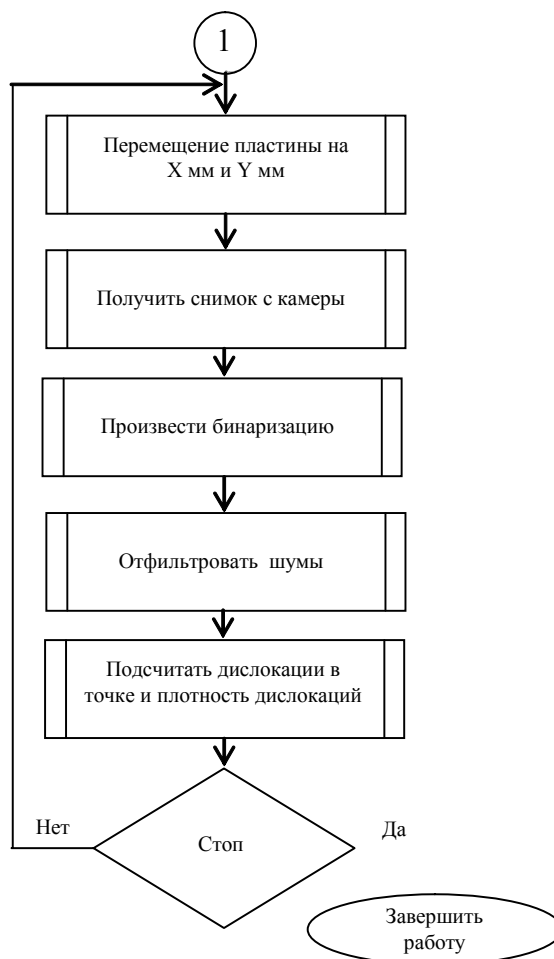


Рис. 3. Работа программы в автоматическом режиме

После запуска программы необходимо выбрать режим измерений (рис. 3). В этом режиме работы программы оператор сам перемещает пластину в указанные точки. Изображение получается по нажатию на кнопку «Измерение». Бинаризация и фильтрация также проводятся в ручном режиме по нажатию на соответствующие кнопки.

В автоматическом режиме работы оператор может установить еще два способа подсчета дислокаций (рис. 4).

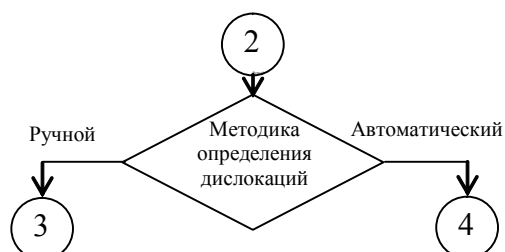


Рис. 4. Алгоритм выбора метода автоматического определения дислокаций

В «ручном» режиме программа будет проводить измерения на пластине в девяти точках в соответствии с ГОСТ, как это показано на рис. 5.

Подсчет плотности дислокаций проводится в соответствии с ГОСТ 19658- 81.

Данная модель в большинстве случаев удовлетворяет требованиям серийного производства, в то же время для исследовательских задач, возникающих при отработке новых технологических процессов или переходе на выращивание слитков больших диаметров, эта методика не позволяет получить достаточное количество информации о распределении дислокаций по поперечному сечению слитка.

Нами также предложена полная модель измерения, которая позволяет провести исследование плотности дислокаций пластины по всей ее поверхности (рис. 6.)

Для организации вычислений по приведенному выше алгоритму и организации пользовательского интерфейса разработан виртуальный инструмент с использованием пакета LabView и библиотеки IMAQ Vision [6,7].

Ниже приведен интерфейс пользователя (рис. 7).

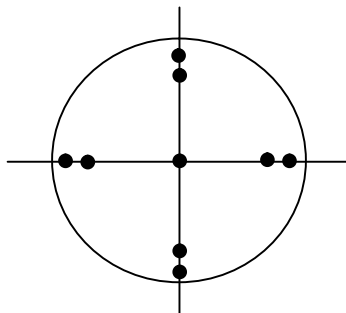


Рис. 5. Схема выбора полей зрения для «ручного» режима работы программы

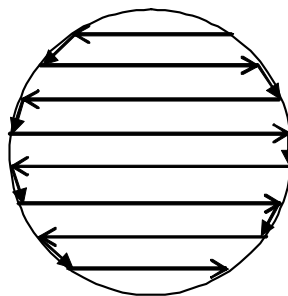


Рис. 6. Полная модель измерения

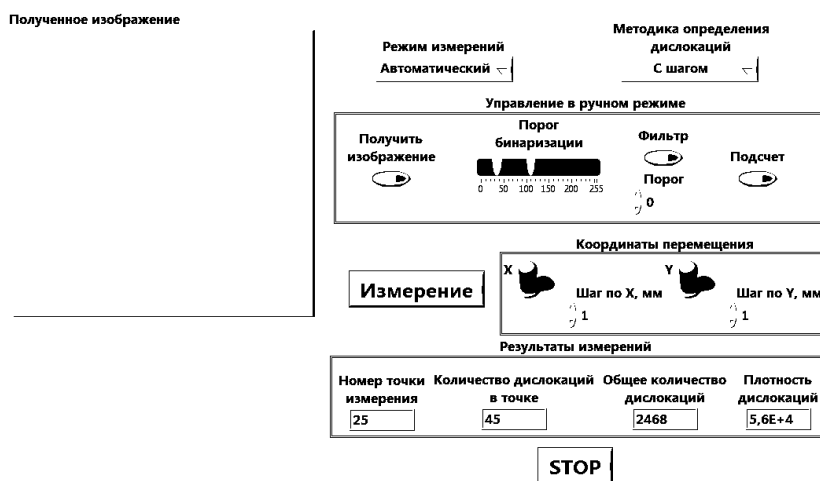


Рис. 7. Лицевая панель виртуального инструмента

Рассмотрим работу комплекса. Исходное изображение области подложки, находящееся в поле зрения микроскопа, поступает в программу и производится захват изображения с помощью элемента IMAQ Grab Acquire, изображение выводится на элемент Image Out. Пример полученного изображения подложки арсенида галлия диаметром 4", марки АГЧХ ориентации (100) приведен на рис. 8.

Затем изображение передается на элемент Threshold, выполняющий преобразование путем перевода всех пикселей, яркость которых лежит выше или ниже указанного порога, в черный цвет, а пиксели, яркость которых попала в диапазон, преобразуются в белый цвет. Результат преобразования изображения приведен на рис. 9, где можно видеть, что определить какие-либо дислокации на таком изображении почти невозможно. Поэтому к нему применяются фильтры, с помощью которых с изображения убираются все мелкие объекты, а также объекты, имеющие тонкие контуры. Отфильтрованное изображение представлено на рис. 10.

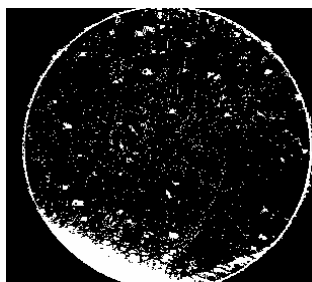
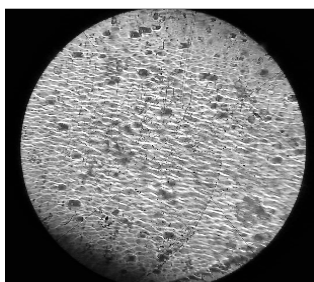


Рис. 8. Видеоизображение подложки GaAs диаметром 4^{1/2} марки АГЧХ ориентации (100) Рис. 9. Изображение после порогового преобразования Рис. 10. Фильтрованное изображение

Для подсчета количества дислокаций используется элемент IMAQ Particle Analysis. На выходе данного элемента образуется кластер, содержащий координаты и размер дислокаций, а также целочисленное значение количества дислокаций.

Результаты подсчета плотности дислокаций в пластинах арсенида галлия диаметром 101 мм и ориентацией (100), а также на пластинах кремния диаметром 76 мм и ориентацией (111), выполненные по трем методикам, приведены в таблице.

	ГОСТ	Ручной	Автоматизированный
Si	3.2×10^3	3×10^3	3.3×10^3
GaAs	6.5×10^5	6.2×10^5	6.4×10^5

Авторами проведена метрологическая аттестация данного комплекса. За образцовые показания был принят метод ГОСТ, в котором оператор сам подсчитывает плотности дислокаций. Относительная погрешность измерений плотности дислокаций в подложках составила в кремнии для ручного метода измерения $\pm 7\%$ и в арсениде галлия $\pm 5\%$, для автоматического метода $\pm 3\%$ и $\pm 1,5\%$ соответственно.

4. Выводы

1. Усовершенствован метод и разработана методика измерения плотности дислокаций в подложках кремния и арсенида галлия. Метод позволил автоматизировать измерение плотности дислокаций.

2. Разработана структурная схема, алгоритм работы и программное обеспечение автоматического комплекса определения плотности дислокаций в подложках арсенида галлия и кремния «ТВ-Дислок 1». Комплекс позволяет измерять плотность дислокаций как в ручном, так и в автоматическом режиме для полной поверхности подложки или по точкам.

3. Проведена метрологическая аттестация комплекса. Относительная погрешность измерений плотности дислокаций в подложках составила в кремнии для ручного метода измерения $\pm 7\%$ и в арсениде галлия $\pm 5\%$, для автоматического метода $\pm 3\%$ и $\pm 1,5\%$ соответственно.

Список литературы: 1. Mahajan S. Growth- and processing-induced defects in semiconductors/ S. Mahajan // Prog. Mater. Sci. 1989. V. 33. P. 1–76. 2. Roedel R. J. The Effect of Dislocations in Ga_{1-x}Al_xAs_{1-y}Si_y Light-Emitting Diodes / R. J. Roedel, A. R. Von Neida, R. Caruso, L. R. Dawson // J. Electrochem. Soc. 1979. V. 126(4). P. 627–633. 3. Dutt B. V. Stacking Faults and Substructure in GaAs_{1-x}Al_xAs Heteroepitaxial Layers: I. Origin and Elimination / B. V. Dutt, S. Mahajan, R. J. Roedel, G. P. Schwartz, D. C. Miller, L. Derick // J. Electrochem. Soc. 1981. V. 128(7). P. 1573–1578. 4. Guha S. Role of stacking faults as misfit dislocation sources and nonradiative recombination centers in II^{VI} heterostructures and devices / S. Guha, J. M. DePuydt, J. Qiu, G. E. Hofler, M. A. Haase, B. J. Wu, H. Cheng // J. Appl. Phys. Lett. 1993. V. 63. P. 3023–3026. 5. Елютин А.В., Генкина Р.И., Холодный Л.П. Оценка качества материалов с помощью модели распределения контролируемых параметров полупроводниковых материалов // М.: Цветные металлы. 1987. № 11. С. 31–36. 6. Райфельд М.А. Ранговая сегментация бинарных изображений. Методы обработки сигналов и полей // Сб. научн. тр. Ульяновск: УльГТУ, 1995. 7. D. Korytar, Point-like and extended defects in Si and GaAs, Journal of Crystal Growth 126 (1993) 30–40.

Поступила в редколлегию 23.04.2013

Оксанич Анатолий Петрович, д-р тех. наук, профессор, директор НИИ технологии полупроводников и информационно-управляющих систем КрНУ им. М. Остроградского, зав. кафедрой информационно-управляющих систем. Научные интересы: методы и аппаратура контроля структурно-совершенных полупроводниковых монокристаллов. Адрес: Украина, 39600, Кременчуг, ул. Первомайская, 20, тел. (05366) 30157. Email: oksanich@kdu.edu.ua.

Притчин Сергей Эмильевич, кандидат тех. наук, доцент кафедры информационно-управляющих систем КрНУ им. М. Остроградского. Научные интересы: автоматизация процессов управления производством полупроводниковых материалов. Адрес: Украина, 39600, Кременчуг, ул. Первомайская, 20, тел. (05366) 30157. Email: pritchinse@ukr.net.

Когдась Максим Григорьевич, аспирант кафедры информационно-управляющих систем КрНУ им. М. Остроградского. Научные интересы: автоматизация процессов управления производством полупроводниковых материалов. Адрес: Украина, 39600, Кременчуг, ул. Первомайская, 20, тел. (05366) 30157. Email: kogdasMax@yahoo.com.

Тербан Виктор Андреевич, канд. техн. наук, главный инженер ЧП «Галар». Научные интересы: автоматизация процессов управления производством полупроводниковых материалов. Адрес: Украина, 27507, Светловодск, ул. Заводская, 3, тел. (05236) 7-15-35. Email: galar@ukrpost.net.

УДК 004.93

Т.А. ЗАЙКО, А.О. ОЛІЙНИК, С.О. СУББОТІН

ІНДУКЦІЯ ЧИСЕЛЬНИХ АСОЦІАТИВНИХ ПРАВИЛ З ВРАХУВАННЯМ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ ЗНАЧУЩОСТІ ОЗНАК

Розглядається задача видобування чисельних асоціативних правил. Пропонується метод індукції асоціативних правил з урахуванням значущості ознак, який дозволяє скоротити простір пошуку та час виявлення правил, збільшити рівні узагальнення та інтерпретабельності синтезованої бази асоціативних правил. *Ключові слова:* асоціативне правило, база правил, індукція, значущість ознаки, нечітка логіка, транзакція.

Вступ

При розв'язанні задач діагностування, автоматичної класифікації, прогнозування та керування часто виникає потреба виявлення нових знань про досліджувані об'єкти або процеси [1, 2]. Для обробки великих масивів даних та видобування з них нових знань широкого застосування набули методи пошуку асоціативних правил [3, 4], що дозволяють виявляти нові закономірності вигляду «якщо умова, то дія» та синтезувати на їх основі бази правил, що є зрозумілими для експертів у прикладних областях [5].

Проте відомі методи індукції асоціативних правил у більшості випадків дозволяють виявляти лише бінарні правила [3, 6], які не враховують чисельні значення ознак, що характеризують об'єкти або процеси, які підлягають аналізу. Методи виявлення чисельних асоціативних правил [7, 8] можуть працювати з чисельними вибірками даних, проте їх робота пов'язана з проблемами вибору інтервалів дискретизації діапазонів значень змінних, визначення кількості таких інтервалів для кожної ознаки, що у деяких випадках призводить до суттєвого збільшення простору пошуку та вимог до обчислювальних ресурсів. Крім того, такі методи передбачають, що усі ознаки, які описують досліджувані об'єкти, мають однакову інформативність, що, як правило, на практиці не відповідає дійсності [2, 9, 10]. Включення таких ознак до синтезованої моделі або бази правил призводить до збільшення часу побудови моделі та ресурсів, необхідних для виконання цього процесу, а також до зменшення апроксимаційних та узагальнювальних властивостей побудованої моделі.

Тому актуальною є мета роботи – створення методу індукції чисельних асоціативних правил з урахуванням індивідуальної значущості ознак.

1. Постановка задачі

Нехай задана база транзакцій D (1):

$$D = \{T_1, T_2, \dots, T_{N_D}\}, \quad (1)$$

Оксанич Анатолий Петрович, д-р тех. наук, профессор, директор НИИ технологии полупроводников и информационно-управляющих систем КрНУ им. М. Остроградского, зав. кафедрой информационно-управляющих систем. Научные интересы: методы и аппаратура контроля структурно-совершенных полупроводниковых монокристаллов. Адрес: Украина, 39600, Кременчуг, ул. Первомайская, 20, тел. (05366) 30157. Email: oksanich@kdu.edu.ua.

Притчин Сергей Эмильевич, кандидат тех. наук, доцент кафедры информационно-управляющих систем КрНУ им. М. Остроградского. Научные интересы: автоматизация процессов управления производством полупроводниковых материалов. Адрес: Украина, 39600, Кременчуг, ул. Первомайская, 20, тел. (05366) 30157. Email: pritchinse@ukr.net.

Когдась Максим Григорьевич, аспирант кафедры информационно-управляющих систем КрНУ им. М. Остроградского. Научные интересы: автоматизация процессов управления производством полупроводниковых материалов. Адрес: Украина, 39600, Кременчуг, ул. Первомайская, 20, тел. (05366) 30157. Email: kogdasMax@yahoo.com.

Тербан Виктор Андреевич, канд. техн. наук, главный инженер ЧП «Галар». Научные интересы: автоматизация процессов управления производством полупроводниковых материалов. Адрес: Украина, 27507, Светловодск, ул. Заводская, 3, тел. (05236) 7-15-35. Email: galar@ukrpost.net.

УДК 004.93

Т.А. ЗАЙКО, А.О. ОЛІЙНИК, С.О. СУББОТІН

ІНДУКЦІЯ ЧИСЕЛЬНИХ АСОЦІАТИВНИХ ПРАВИЛ З ВРАХУВАННЯМ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ ЗНАЧУЩОСТІ ОЗНАК

Розглядається задача видобування чисельних асоціативних правил. Пропонується метод індукції асоціативних правил з урахуванням значущості ознак, який дозволяє скоротити простір пошуку та час виявлення правил, збільшити рівні узагальнення та інтерпретабельності синтезованої бази асоціативних правил. *Ключові слова:* асоціативне правило, база правил, індукція, значущість ознаки, нечітка логіка, транзакція.

Вступ

При розв'язанні задач діагностування, автоматичної класифікації, прогнозування та керування часто виникає потреба виявлення нових знань про досліджувані об'єкти або процеси [1, 2]. Для обробки великих масивів даних та видобування з них нових знань широкого застосування набули методи пошуку асоціативних правил [3, 4], що дозволяють виявляти нові закономірності вигляду «якщо умова, то дія» та синтезувати на їх основі бази правил, що є зрозумілими для експертів у прикладних областях [5].

Проте відомі методи індукції асоціативних правил у більшості випадків дозволяють виявляти лише бінарні правила [3, 6], які не враховують чисельні значення ознак, що характеризують об'єкти або процеси, які підлягають аналізу. Методи виявлення чисельних асоціативних правил [7, 8] можуть працювати з чисельними вибірками даних, проте їх робота пов'язана з проблемами вибору інтервалів дискретизації діапазонів значень змінних, визначення кількості таких інтервалів для кожної ознаки, що у деяких випадках призводить до суттєвого збільшення простору пошуку та вимог до обчислювальних ресурсів. Крім того, такі методи передбачають, що усі ознаки, які описують досліджувані об'єкти, мають однакову інформативність, що, як правило, на практиці не відповідає дійсності [2, 9, 10]. Включення таких ознак до синтезованої моделі або бази правил призводить до збільшення часу побудови моделі та ресурсів, необхідних для виконання цього процесу, а також до зменшення апроксимаційних та узагальнювальних властивостей побудованої моделі.

Тому актуальною є мета роботи – створення методу індукції чисельних асоціативних правил з урахуванням індивідуальної значущості ознак.

1. Постановка задачі

Нехай задана база транзакцій D (1):

$$D = \{T_1, T_2, \dots, T_{N_D}\}, \quad (1)$$

у якій кожний елемент T_j , $j = 1, 2, \dots, N_D$ містить інформацію про деякі взаємозалежні події, де $N_D = |D|$ – кількість елементів (транзакцій) у наборі даних D .

Елементи T_j можуть подаватися у вигляді:

$$T_j = (\text{tid}_j, \text{item}_j), \quad (2)$$

тут tid_j – ідентифікатор j -ї транзакції T_j ; $\text{item}_j = \{t_{1j}, t_{2j}, \dots, t_{N_{\text{item}_j}j}\} \subseteq I$ – список елементів, що входять у транзакцію T_j ; t_{ij} – i -й елемент списку item_j , $i = 1, 2, \dots, N_{\text{item}_j}$; $N_{\text{item}_j} = |\text{item}_j|$ – кількість елементів множини item_j ; $I = \{\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_{N_I}\}$ – множина можливих змінних (ознак), які можуть входити в список елементів item_j кожної транзакції T_j , $j = 1, 2, \dots, N_D$, набору даних D ; τ_a – a -й елемент множини I , $a = 1, 2, \dots, N_I$; $N_I = |I|$ – кількість елементів множини I .

У випадку, якщо база транзакцій D містить крім бінарних ще й дійсні змінні, елементи t_{ij} транзакції T_j подаються кортежем:

$$t_{ij} = \langle \tau_{ij}; v(\tau_{ij}) \rangle, \quad (3)$$

де τ_{ij} – ознака із множини I , що відповідає елементу t_{ij} ; $v(\tau_{ij})$ – значення ознаки τ_{ij} в транзакції T_j , $v(\tau_{ij}) \in \Delta_{ij} = [\tau_{ij\min}; \tau_{ij\max}]$; $\tau_{ij\min}$ і $\tau_{ij\max}$ – відповідно, мінімальне та максимальне значення з діапазону можливих значень Δ_{ij} ознаки τ_{ij} .

Тоді на основі заданої транзакційної бази даних D необхідно побудувати набір чисельних асоціативних правил у вигляді імплікацій $\langle X, v(X) \rangle \rightarrow \langle Y, v(Y) \rangle$, у яких набори X й Y не перетинаються [4, 9]:

$$\langle X, v(X) \rangle \rightarrow \langle Y, v(Y) \rangle : X \subset I, Y \subset I, X \cap Y = \emptyset, \quad (4)$$

де $v(X)$ й $v(Y)$ – множини значень ознак, що належать множинам X і Y , відповідно.

Таким чином, у результаті синтезу асоціативних правил на основі наявного набору даних D виконується пошук закономірностей між подіями $\tau_a \in I$, $a = 1, 2, \dots, N_I$.

2. Метод синтезу чисельних асоціативних правил

Для можливості видобування асоціативних правил з транзакційних баз даних D , які містять чисельні атрибути, такі атрибути перетворюються до формату, доступного для застосування відомих методів пошуку асоціативних правил [3, 4, 6]. При цьому потрібно виконувати розбиття чисельних ознак на непересічні інтервали, кожний з яких розглядається потім як новий атрибут. Однак у таких випадках виникають проблеми вибору числа інтервалів і розбиття на інтервали, крім того, суттєво зростає розмірність розв'язуваної задачі й вимоги до обчислювальних ресурсів ЕОМ.

Тому в розробленому методі синтезу чисельних асоціативних правил пропонується використовувати підхід на основі теорії нечітких множин [11], що дозволяє розбивати вихідні ознаки на нечіткі інтервали та працювати з кожною ознакою, а не з окремими інтервалами її розбиття. Крім того, у запропонованому методі при пошуку асоціативних правил використовуються розраховані оцінки індивідуальної інформативності ознак, що дозволяє враховувати їхню значущість у вихідній базі даних.

Пропонований метод може бути представлений такими етапами:

- фазифікація транзакційної бази даних D ;
- визначення індивідуальної значущості ознак;
- обчислення граничних значень підтримки;
- побудова бази чисельних асоціативних правил.

На початковому етапі виконується фазифікація бази транзакцій D , тобто приведення всіх її чисельних значень до нечіткого вигляду: $D \rightarrow \text{Fuzzy}D$. Таке перетворення дозволить виділити нечіткі терми кожної ознаки для можливості виконання подальшого видобування асоціативних правил. Для фазифікації бази транзакцій з метою наступного видобування чисельних асоціативних правил доцільно використовувати відомі функції належності

[11, 12], параметри яких пропонується вибирати виходячи з ідеї підтримки нечіткості знань, тобто таким чином, щоб забезпечувалося перетинання сусідніх інтервалів розбиття ознак.

Як функції належності доцільно використовувати такі, які дозволяють обмежувати інтервал значень ознак: трапецієподібну, П-подібну, трикутну функцію. Виходячи з особливостей розв'язуваної задачі й досліджуваних об'єктів або процесів, можна використовувати й інші функції належності [11, 12]: сплайн-функцію, S-подібну й Z-подібну криві, сигмоїдну функцію, функцію Гаусса, колоколоподібну функцію й інші. Для визначення значень параметрів функцій приналежності слід виконувати розбиття кожної чисельної ознаки на деяку кількість інтервалів з наступним визначенням границь отриманих інтервалів.

Як правило, ознаки, що описують досліджувані об'єкти або процеси, мають різну інформативність [13], тому з метою видобування цікавих асоціативних правил, що адекватно описують досліджувані залежності, доцільно враховувати індивідуальну значущість ознак. Оскільки вихідний параметр у транзакційних базах даних, як правило, не заданий, пропонується оцінювати індивідуальну значущість ознак за допомогою параметрів, що характеризують границі областей групування екземплярів (транзакцій) у просторі ознак. Для обчислення індивідуальної інформативності ознак пропонується використовувати підхід, що враховує границі інтервалів розбиття ознак у кластерах. У даному методі пропонується сортувати масив значень кожної ознаки τ_a за зростанням. Ліва l_{ak} й права r_{ak} границі k -го інтервалу Δ_{ak} a -ї ознаки τ_a обираються таким чином, щоб екземпляри (транзакції) зі значенням ознаки $\tau_a \in \Delta_{ak} = [l_{ak}; r_{ak}]$ відносилися до одного кластеру K_b , а екземпляри із сусідніх інтервалів – до інших кластерів $K_c \neq K_b$.

Як міру інформативності a -ї ознаки в транзакційній базі даних D доцільно використовувати кількість інтервалів $N_{інт\tau a}$, на які розбивається діапазон її значень $\Delta_a = [\tau_{a \min}; \tau_{a \max}]$: чим менша кількість таких інтервалів, тим більша інформативність ознаки.

Тому значущість ознаки τ_a будемо обчислювати за однією з формул:

– відношення мінімальної кількості інтервалів серед усіх ознак до величини $N_{інт\tau a}$ a -ї ознаки:

$$w_a = \frac{\min_{A=1,2,\dots,|I|} N_{інт\tau A}}{N_{інт\tau a}}; \quad (5)$$

– нормоване значення величини $N_{інт\tau a}$:

$$w_a = 1 - \frac{N_{інт\tau a} - \min_{A=1,2,\dots,|I|} N_{інт\tau A}}{\max_{A=1,2,\dots,|I|} N_{інт\tau A} - \min_{A=1,2,\dots,|I|} N_{інт\tau A}} = \frac{\max_{A=1,2,\dots,|I|} N_{інт\tau A} - N_{інт\tau a}}{\max_{A=1,2,\dots,|I|} N_{інт\tau A} - \min_{A=1,2,\dots,|I|} N_{інт\tau A}}. \quad (6)$$

Важливим етапом є визначення граничних значень підтримки наборів елементів, яке в запропонованому методі відбувається з використанням інформації про індивідуальну значущість ознак, розраховану раніше.

У розробленому методі видобування чисельних асоціативних правил підтримку транзакції T_j будемо розраховувати як перетинання функцій належності ознак, що входять у транзакцію T_j :

$$\text{supp}(T_j) = \bigcap_{\tau_a \in T_j} \mu_a(T_j), \quad (7)$$

де $\mu_a(T_j)$ – значення функції приналежності a -ї ознаки, обчислене для її значення в транзакції T_j .

Тоді підтримка набору X визначається як сума підтримок усіх транзакцій, які містять цю множину:

$$\text{supp}(X) = \sum_{X \subseteq T_j} \text{supp}(T_j) = \sum_{X \subseteq T_j} \bigcap_{\tau_a \in T_j} \mu_a(T_j). \quad (8)$$

Крім того, передбачається можливість видобування наборів, які не часто зустрічаються, однак є цікавими та дозволяють виявляти нові знання про досліджувані об'єкти або процеси [14].

При побудові бази асоціативних правил у процесі їх видобування використовуються значення індивідуальної інформативності ознак, розраховані раніше, що дозволяє враховувати значущість кожного атрибута при пошуку правил. При генерації нових наборів-кандидатів у процесі синтезу асоціативних правил урахується властивість антимонотонності підтримки [4], застосування якої дозволяє суттєво скоротити простір пошуку.

Запропонований метод видобування чисельних асоціативних правил передбачає фазифікацію заданої бази транзакцій і автоматичне розбиття діапазонів значень ознак на інтервали, враховує індивідуальну значущість ознак, використовує критерії для оцінювання непрямих асоціацій, що знижує ступінь участі користувача в процесі пошуку асоціативних правил, зменшує ймовірність видобування правил, які некоректно описують досліджувані об'єкти та процеси.

З метою аналізу та дослідження ефективності запропонованого методу індукції асоціативних правил оцінимо його обчислювальну складність O – кількість елементарних операцій, необхідних для розв'язання конкретної задачі.

При оцінюванні обчислювальної складності розробленого методу будемо враховувати, що він складається з чотирьох етапів, описаних раніше.

Обчислювальна складність етапу, пов'язаного з фазифікацією транзакційної бази даних D , може бути оцінена виходячи з того, що для кожної ознаки τ_a ($\tau_a \in I$, $a = 1, 2, \dots, |I|$) у кожній транзакції T_j буде визначатися її нечітке значення. Отже, обчислювальна складність першого етапу складе: $O_1 = O_1(|I| \cdot |N_D|)$.

Визначення індивідуальної значущості w_a ознак τ_a у базі транзакцій D пов'язане з необхідністю їх угруповування в множини компактно розташованих транзакцій. Розглянемо підхід, що враховує границі інтервалів розбиття ознак у кластерах. Вище описано, що такий підхід пов'язаний з необхідністю сортування кожної ознаки τ_a . Тому обчислювальна складність даного етапу безпосередньо пов'язана з обчислювальною складністю використовуваного методу сортування й може бути визначена як $O_2(|I| \cdot O_{\text{сорт.}})$. Ефективними методами сортування є методи, що використовують дерева (турнірне сортування, сортування за допомогою пошукового дерева), метод пірамідального сортування, метод швидкого сортування К. Хоара, обчислювальна складність яких становить $O_{\text{сорт.}} = O_{\text{сорт.}}(N_D \log_2(N_D))$ [15]. Отже, обчислювальна складність етапу визначення значущості ознак може бути оцінена в такий спосіб: $O_2 = O_2(|I| \cdot N_D \log_2(N_D))$.

Етап визначення граничних значень, як правило, припускає участь користувача при виборі значень відповідних порогів. У випадку обчислення значення коефіцієнта α , що враховує значущість найдовшої транзакції в базі даних D , буде потрібно виконати не більш $|I|$ раз операцію додавання відповідних величин w_a ($a : \tau_a \in T_j, |T_j| = \max_{T_j \in D} |T_j|$). Тому обчислювальна складність цього етапу визначається так: $O_3 = O_3(|I|)$.

Безпосереднє видобування асоціативних правил пов'язане з побудовою множини наборів, які часто зустрічаються FI , що у свою чергу вимагає визначення підтримок кожного з кандидатів, максимальна кількість яких не перевищує $|I|^2$. Складність цього процесу складе $O_{FI}(|I|^2)$ операцій. Процес видобування асоціативних правил із множини FI припускає обробку кожної підмножини $A \in FI$, на що буде потрібно $O_{\text{извл.}}(|I|^2)$ операцій. Тому обчислювальна складність четвертого етапу складе: $O_4 = O_{FI}(|I|^2) + O_{\text{извл.}}(|I|^2) = O_4(|I|^2)$.

Таким чином, загальна обчислювальна складність запропонованого методу може бути визначена в такий спосіб:

$$O = O_1(|I| \cdot |N_D|) + O_2(|I| \cdot N_D \log_2(N_D)) + O_3(|I|) + O_4(|I|^2) = O(|I| \cdot N_D \log_2(N_D) + |I|^2). \quad (9)$$

Оцінка обчислювальної складності показує, що кількість елементарних операцій, необхідних для видобування асоціативних правил за допомогою запропонованого методу, квадратично залежить від кількості $|I|$ ознак $\tau_a \in I$ у транзакційній базі даних D , а також пропорційна величині $N_D \log_2(N_D)$, де N_D – кількість транзакцій в D . Така оцінка дозволяє зробити висновок про те, що запропонований метод є ефективним, оскільки залежність його елементарних операцій від розміру вхідних даних є поліноміальною.

3. Експерименти та результати

З метою проведення експериментів по дослідженню властивостей і характеристик запропонованого методу видобування чисельних асоціативних правил він був програмно реалізований мовою програмування C#.

Для дослідження властивостей і характеристик розробленого методу видобування чисельних асоціативних правил використовувалися тестові дані, представлені у вигляді бази транзакцій D , чисельні характеристики якої такі: $N_D = 100000$ – кількість транзакцій T_j ($j=1,2,\dots,100000$) у базі D ; $|I|=10000$ – кількість елементів (ознак), $\tau_a \in I, a=1,2,\dots,10000$, з яких могли формуватися транзакції; $|T_j|=10$ – середня кількість ознак у транзакціях бази D .

Залежність часу видобування асоціативних правил від значення мінімальної підтримки $w_{\min support}$ наведена на рис. 1 (при цьому значення інших параметрів установлювалися такими: $w_{\min confidence} = 75\%$, $\beta_{w_{\sup p}(X \cup Y)} = 5\%$, $\beta_{w_{\sup p}(Z)} = 75\%$, $w_{\min} = 75\%$). Запропонований метод порівнювався з методами FARM і FWARM, описаними в [7] і [8], відповідно.

З рис. 1 видно, що час видобування асоціативних правил суттєво залежить від мінімальної підтримки, оскільки незначні значення цього порогу призводять до генерування занадто великої кількості наборів, які вважаються такими, що часто зустрічаються, що у свою чергу призводить до необхідності обробки істотних обсягів інформації.

Крім того, з рис. 1 видно, що запропонований метод є більш ефективним у порівнянні з існуючими [7, 8], оскільки в ньому формується масив FI наборів, що часто зустрічаються, який залежить не тільки від кількості появ конкретних наборів у базі даних D , але й від оцінок значущості ознак, що не дозволяє генерувати малозначущі набори й, відповідно, зменшує розмір FI , а значить і час, затрачуваний на його обробку.

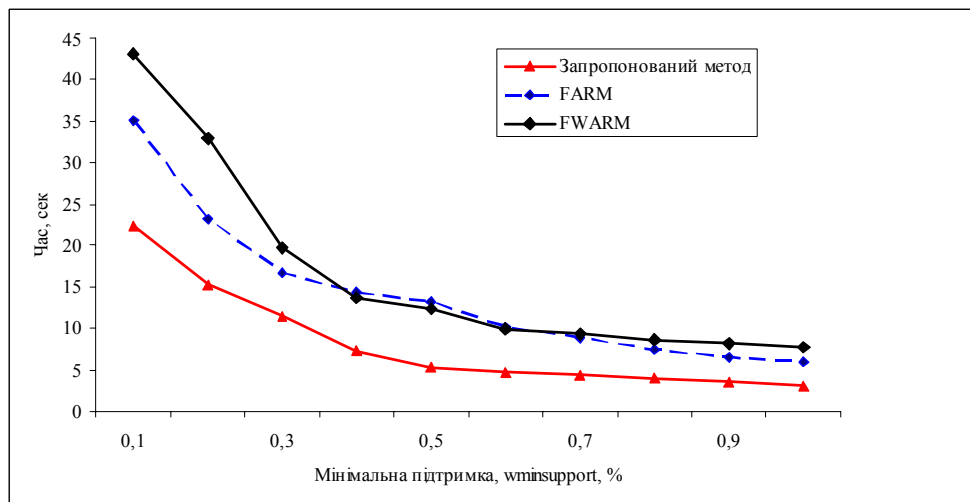


Рис. 1. Графік залежності часу видобування асоціативних правил від значення $w_{\min support}$

Важливо відзначити, що результати експериментів показали, що час роботи методу практично не залежить від значення мінімальної вірогідності $w_{\min confidence}$. Це пов'язане з тим, що даний параметр використовується на завершальному етапі методу при перевірці на вірогідність виявлених правил і не впливає на кількість оброблюваних наборів даних.

На рис. 2 зображено графік залежності часу функціонування методу від кількості транзакцій N_D у базі D (при цьому значення $w_{\min support}$ становило 0,5 %, інші параметри методу та бази D не змінювалися).

Крива, зображена на рис. 2 і побудована за результатами застосування запропонованого методу, підтверджує оцінку обчислювальної складності O , наведену вище, згідно з якою час видобування асоціативних правил за допомогою запропонованого методу є пропорційним величині $N_D \log_2(N_D)$.

Залежність кількості витягнутих асоціативних правил N_{AP} від кількості транзакцій N_D у базі D наведено на рис. 3.

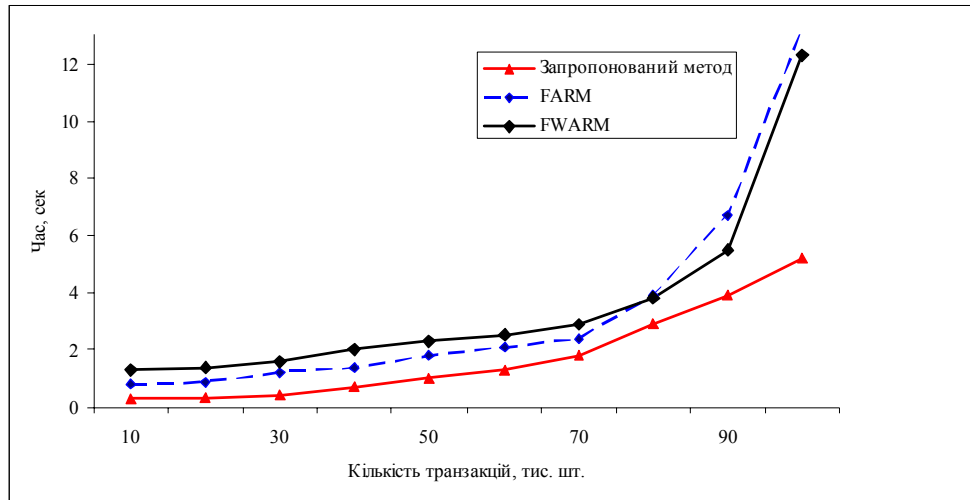


Рис. 2. Графік залежності часу видобування асоціативних правил від кількості транзакцій N_D у базі D

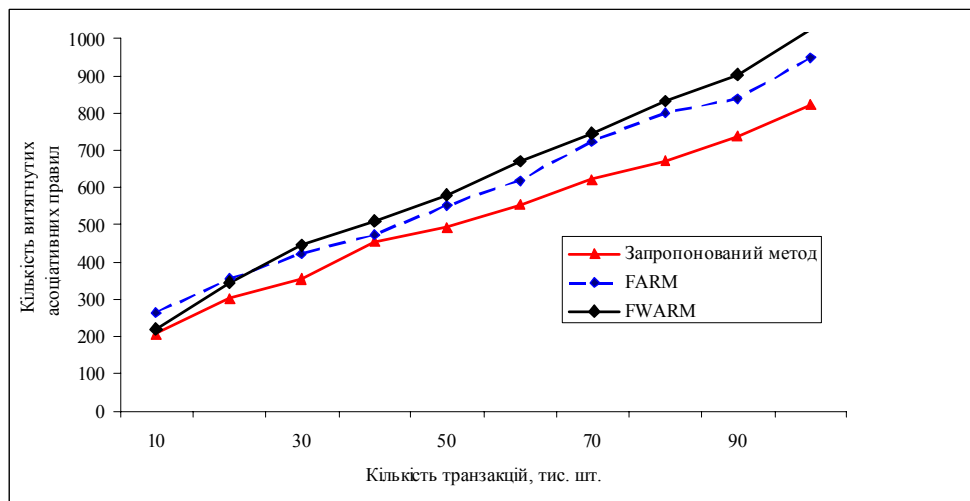


Рис. 3. Графік залежності кількості витягнутих асоціативних правил N_{AP} від кількості транзакцій N_D у базі D

З результатів експериментів видно, що кількість згенерованих асоціативних правил N_{AP} пропорційна кількості записів N_D у базі D . Запропонований метод витягав у середньому на 16–23 % правил менше в порівнянні з методами FARM і FWARM [7, 8], що пояснюється використанням апріорної інформації про значущість w_a ознак $\tau_a \in I$. Це дозволяло не розглядати деякі набори (з низькими оцінками індивідуальної значущості w_a ознак) як ті,

що часто зустрічаються, й, відповідно, не тільки скорочувало час пошуку, але й зменшувало кількість витягнутих правил.

На рис. 4 відображено результати експериментів по дослідженню кількості витягнутих асоціативних правил N_{AP} від значення мінімальної підтримки $w_{minsupport}$.

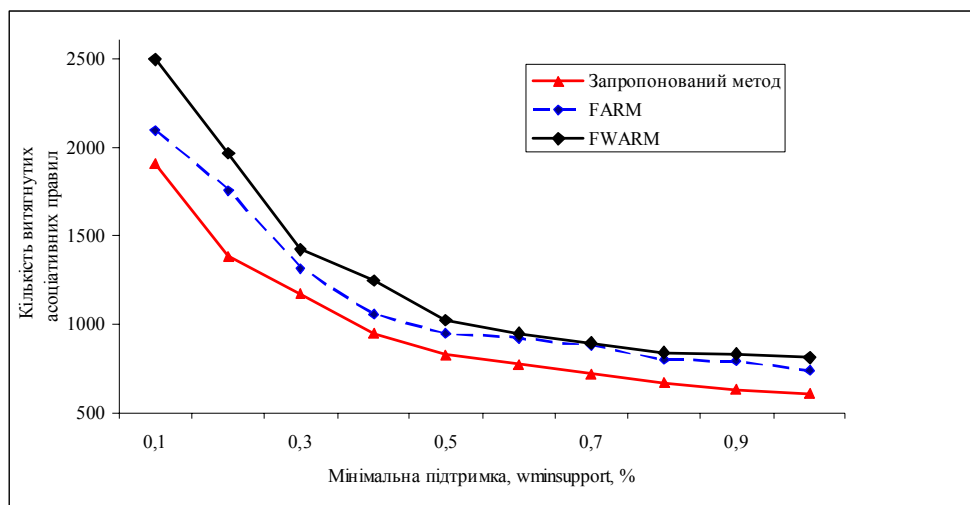


Рис. 4. Графік залежності кількості витягнутих асоціативних правил N_{AP} від значення мінімальної підтримки $w_{minsupport}$

Як видно з рис. 4, розроблений метод генерує менше асоціативних правил (особливо при значеннях $w_{minsupport}$ до 0,5 %), що також пояснюється використанням у процесі видобування правил оцінок індивідуальної значущості w_a , що дозволяє не витягати правила, які не представляють інтерес при аналізі досліджуваних об'єктів і процесів.

Таким чином, результати експериментів показали, що розроблений метод дозволяє витягати з баз транзакцій чисельні асоціативні правила, використовуючи при цьому апріорну інформацію про значущість ознак, що скорочує простір пошуку та час видобування правил, зменшує кількість витягнутих правил і відповідно, підвищує рівні узагальнення й інтерпретабельності синтезованої бази асоціативних правил.

Висновки

Вирішено актуальну задачу автоматизації видобування чисельних асоціативних правил.

Наукова новизна роботи полягає в тому, що запропоновано метод видобування чисельних асоціативних правил, основними етапами якого є: фазифікація транзакційної бази даних, визначення індивідуальної значущості ознак, обчислення граничних значень підтримки й побудова бази чисельних асоціативних правил. Запропонований метод передбачає фазифікацію заданої бази транзакцій і автоматичне розбиття діапазонів значень ознак на інтервали, враховує індивідуальну значущість ознак, використовує критерії для оцінювання непрямих асоціацій, що знижує ступінь участі користувача в процесі пошуку асоціативних правил, зменшує ймовірність виявлення правил, які некоректно описують досліджувані об'єкти й процеси, а також дозволяє витягати набори, що не тільки часто зустрічаються, але й рідко виникаючі цікаві асоціативні правила. Використання апріорної інформації про значущість ознак у розробленому методі дозволяє скоротити простір пошуку та час видобування правил, зменшити кількість витягнутих правил і, відповідно, підвищити рівні узагальнення й інтерпретабельності синтезованої бази асоціативних правил.

Практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що на основі запропонованого методу розроблено програмне забезпечення, яке дозволяє виконувати видобування чисельних асоціативних правил.

Список літератури: 1. *Рассел С.* Искусственный интеллект: современный подход / С. Рассел, П. Норвиг. М.: Вильямс, 2006. 1408 с. 2. *Encyclopedia of artificial intelligence* / Eds.: J. R. Dopico, J. D. de la Calle, A. P. Sierra. New York : Information Science Reference, 2009. Vol. 1–3. 1677 p. 3. *Koh Y. S.* Rare Association Rule Mining and Knowledge Discovery / Y. S. Koh, N. Rountree. New York : Information Science Reference. –

2009. 320 p. **4.** *Adamo J.-M.* Data mining for association rules and sequential patterns: sequential and parallel algorithms / Adamo J.-M. New York : Springer-Verlag. 2001. 259 p. **5.** *Zhao Y.* Post-mining of association rules: techniques for effective knowledge extraction / Y. Zhao, C. Zhang, L. Cao. New York : Information Science Reference. 2009. 372 p. **6.** *Субботін С.О.* Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень : навч. посібник / С. О. Субботін. Запоріжжя: ЗНТУ, 2008. 341 с. **7.** *Dubois D.* A Systematic Approach to the Assessment of Fuzzy Association Rules / D. Dubois, E. Hullermeier, H. Prade // Data Mining and Knowledge Discovery. 2006. Vol. 13. P. 167-192. **8.** *Khan M. S.* Weighted Association Rule Mining from Binary and Fuzzy Data / M. S. Khan, M. Mueyba, F. Coenen // Lecture Notes in Computer Science. 2008. Vol. 5077. P. 200-212. **9.** *Интеллектуальные информационные технологии проектирования автоматизированных систем диагностирования и распознавания образов.* [С. А. Субботин, Ан. А. Олейник, Е. А. Гофман, С. А. Зайцев, Ал. А. Олейник. Харьков : ООО "Компания Смит", 2012. 317 с. **10.** *Субботін С.О.* Неітеративні, еволюційні та мультиагентні методи синтезу нечіткологічних і нейромережних моделей / С. О. Субботін, А. О. Олійник, О. О. Олійник. Запоріжжя: ЗНТУ, 2009. 375 с. **11.** *Zadeh L.* Fuzzy sets / L. Zadeh // Information and Control. 1965. № 8. P. 338-353. **12.** *Гибридные нейро-фаззи модели и мультиагентные технологии в сложных системах* / [В. А. Филатов, Е. В. Бодянский, В. Е. Кучеренко и др. / Под общ. ред. Е. В. Бодянского]. Днепропетровськ : Системні технології, 2008. 403 с. **13.** *Зайко Т. А.* Определение индивидуальной значимости признаков для извлечения численных ассоциативных правил / Т. А. Зайко, А. А. Олейник, С. А. Субботин // Искусственный интеллект и его приложения : III Межвузовский научно-исследовательский семинар, Магнитогорск, 25 декабря 2012 г. : материалы семинара. Магнитогорск : МаГУ, 2012. С. 105-108. **14.** *Зайко Т. А.* Пошук рідкісних цікавих асоціативних правил у великих масивах даних / Т. А. Зайко, А. О. Олійник, С. О. Субботін // Інформатика, математика, автоматика : науково-технічна конференція, Суми, 22-27 квітня 2013 р. Суми : СумДУ, 2013. С. 29. **15.** *Кнут Д.* Искусство программирования. В 3-х томах. Т. 2 Сортировка и поиск / Д. Кнут. М. : Вильямс, 2007. 824 с.

Поступила в редколлегию 25.04.2013

Зайко Тетяна Анатоліївна, аспірант кафедри програмних засобів Запорізького національного технічного університету. Наукові інтереси: асоціативні правила, інтелектуальні системи. Адреса: Україна, 69063, Запоріжжя, вул. Жуковського, 64, тел.: (061) 769-82-67. **Олійник Андрій Олександрович**, канд. техн. наук, доцент кафедри програмних засобів Запорізького національного технічного університету. Наукові інтереси: інтелектуальні системи; методи еволюційної оптимізації; нейронні мережі. Адреса: Україна, 69063, Запоріжжя, вул. Жуковського, 64, тел.: (061) 769-82-67.

Субботін Сергій Олександрович, канд. техн. наук, доцент, професор кафедри програмних засобів Запорізького національного технічного університету. Наукові інтереси: інтелектуальні системи; нечітка логіка; розпізнавання образів. Адреса: Україна, 69063, Запоріжжя, вул. Жуковського, 64, тел.: (061) 769-82-67.

МИНИМИЗАЦИЯ РИСКОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СЕТИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Анализируются и описываются средства автоматизации тестирования сложных интеллектуальных систем. Предлагается методика определения наиболее эффективного варианта тестирования автоматизированной системы распределенной энергетической сети потребителей и производителей электроэнергии, позволяющая в лабораторных условиях эмулировать сложное окружение реального мира телекоммуникационных, клиент-серверных и Internet-взаимодействий и выполнять всестороннее тестирование распределенной системы. Предлагается метод покрытия ошибок системы с помощью математического моделирования границ транзакций. Ключевые слова – умные сети, принятие решений, selenium, chrome driver, надежность, автоматизированное тестирование, автоматизация запросов выполнения задач, Jenkins, транзакция.

1. Введение

Сфера энергетики обеспечивает жизнедеятельность и безопасность как всего общества в целом, так и каждого государства в отдельности, при этом технологической основой каждой энергосистемы являются электрические сети. Преобразование электроэнергетического комплекса в интеллектуальные сети является результатом многолетней научно-исследовательской деятельности, именно им сегодня уделяется особое внимание энергетиков.

В настоящее время появляются новые технологии производства электроэнергии – растет доля регенеративной электроэнергии, разрабатываются новые устройства, такие как электромобили, развиваются интеллектуальные электроэнергетические системы с активно-адаптивной сетью, построенной на основе использования новых принципов и технологий передачи и преобразовании электроэнергии. С появлением регенеративных источников энергии, таких как энергия ветра и воды, производство электроэнергии становится все более децентрализованным и более зависящим от погодных условий.

В связи с этим электрические сети становятся все более динамическими. Внедрение новых методов управления распределением энергии в сети требует широкого спектра использования соответствующих технологий. Одним из методов динамического управления потреблением энергии является управление спросом, задача которого – адаптация потребления энергии пользователями к ее фактическому производству.

В концепции «умной энергетики» основополагающим есть совпадение во времени процессов производства и потребления электроэнергии и равенство объема выработанной и потребленной электроэнергии в каждый момент времени. Кроме внедрения новых устройств, одной из основных задач является разработка новой концепции управления такими «умными» электрическими сетями. Поэтому актуальны разработка и поддержка программного обеспечения, которое позволяет простое и гибкое конфигурирование, мониторинг и тестирование качества работы всех компонентов интеллектуальной среды в умных сетях Smart Grid.

2. Компьютерная сеть систем Smart Grid

Задача «Smart Grid» состоит в том, чтобы сделать «интеллектуальными» генерацию, передачу и распределение электроэнергии, обеспечить электрические сети современными диагностическими средствами, алгоритмами, электронными системами управления, техническими устройствами типа ограничителей токов короткого замыкания сверхпроводящих линий и множеством другим инноваций, появившихся на сегодняшний день в науке и технике. Актуальным является объединение возможностей информационных технологий, уже привычных для пользователей Интернет, с силовой электротехникой, что значительно

сократит потери при передаче электрической энергии от генератора к потребителю [4]. Многократное увеличение надежности энергоснабжения дает возможность оптимально перераспределять энергетические ресурсы и тем самым уменьшать пиковые нагрузки (все электротехнические системы проектируются именно в расчете на пиковые нагрузки). Это позволяет потребителю быть активным игроком на рынке электроэнергии. Ведь если раньше потребитель брал электрическую энергию от одного продавца, то теперь он находится в условиях рынка: может выбирать среди конкурирующих производителей.

Разработка средств эффективного взаимодействия человека с компьютером считается одним из приоритетных направлений развития искусственного интеллекта и информатики в целом.

Разработка человеко-машинных интерфейсов для веб-приложений и динамическое взаимодействие пользователя с интеллектуальной системой имеет огромное значение в системах управления, так как они должны отслеживать и контролировать реагирование физических систем на различные условия окружающей среды в режиме реального времени. Таким образом, крайне важно, чтобы оператор системы управления мог принимать огромное количество структурированной информации о физическом состоянии системы, при этом принимать решения в кратчайший период времени.

В интеллектуальной электроэнергетической системе задача визуализации работы всех компонентов является более важной, чем в традиционной электроэнергетике, так как конечные потребители активно участвуют в работе системы в режиме реального времени и поэтому крайне важно обеспечить стабильность и корректность работы всех компонентов энергетического комплекса.

3. Анализ систем безопасности Smart Grid

Одним из важных составных аспектов безопасности информации в “умной сети” Smart Grid является надежность системы, в частности - отказоустойчивость в критических и чрезвычайных ситуациях. Угроза безопасности работы компонентов “умной сети” Smart Grid может возникать не только в результате преднамеренных атак на информационную систему или неправильных действий пользователя, но также и из-за превышения критической нагрузки на систему. Для надежного и качественного функционирования интеллектуальной системы необходимо иметь данные о предельной нагрузке (выраженной, например, в количестве синхронно поступающих в систему запросов пользователя), о характере поведения системы в условиях перегрузки и возможных последствиях в случае ее отказа при превышении допустимой нагрузки [3].

Интеллектуальные системы, использующие математические модели и программные алгоритмы тестирования, могут выполняться в минимальной конфигурации технических средств. Применение в интеллектуальных системах знаний об объекте управления в виде формализованных описаний его свойств позволяет создавать информационную избыточность для значимых переменных решаемых задач, которая собственно и используется для автоматизированного тестирования [5], [6]. В этом случае повышение отказоустойчивости происходит без увеличения количества датчиков первичной информации, т.е. исключаются многие проблемы, присущие аппаратному тестированию.

4. Постановка задачи

Интеллектуальная сеть Smart Grid обеспечивает активное управление, контроль и участие как производителей, так и потребителей электрической энергии.

Для обеспечения качественной работы «умной сети» необходимо наложение коммуникационной инфраструктуры и соответствующих сервисов на энергосистему, по сути, необходимо соединить все компоненты в единую коммуникационную систему в Интернете, таким образом, чтобы коммуникация происходила в режиме реального времени.

Для Smart Grid используется множество различных технологий, протоколов, интерфейсов и иногда запатентованные технологии. Центральным фактором работы “умной сети” в реальных условиях является качественное взаимодействие всех компонентов.

Актуальным является разработка инструментальных средств, позволяющих в лабораторных условиях эмулировать сложное окружение реального мира клиент-серверных, телекоммуникационных и Internet-взаимодействий и выполнить всестороннее тестирование

распределенной системы. Задача таких инструментальных средств — организация лабораторного испытательного стенда, который будет эмулировать от десятков до тысяч пользователей, посылающих и получающих информацию, воспроизводя тем самым сложное взаимодействие между клиентским и серверным приложением, базами данных, Internet-серверами и другими системами.

5. Автоматизированное тестирование сложных систем

Облачные технологии – это модель предоставления повсеместного и удобного сетевого доступа к общему пулу конфигурируемых вычислительных ресурсов. На сегодняшний момент многие организации внедряют виртуализацию и облачные технологии в сложные интеллектуальные системы для снижения затрат и повышения эффективности. Виртуализация и облачные инфраструктуры также используются для расширения автоматизированного тестирования за счет сокращения инвестиций в физическое оборудование, необходимое для создания тестовой среды. Внедрение этих технологий является кросс-браузерным и может быть использовано для различных операционных систем. Selenium WebDriver имеет полную техническую поддержку для тестирования приложений в виртуальной среде, а кроме того представляет возможность выполнять тесты параллельно, что снижает затраты и повышает скорость и мобильность тестирования сложной распределенной системы.

6. Предлагаемое решение

К основным задачам автоматизированного тестирования относятся повышение критической надежности, включая самые слабые и уязвимые звенья, упреждение системных рисков и угроз, быстрое реагирование на инциденты и аварии. Вот смысл, который заложен в автоматизированное тестирование «умных сетей» или «Smart Grid». Selenium – надежный фреймворк автоматизации, способный работать с любым браузером, позволяющий разрабатывать тесты с очень сложной логикой поведения и проверок. Selenium Server может принимать команды с удаленной машины, где работает сценарий автоматизации, и исполнять их в браузере. Несколько серверов Selenium могут образовывать распределенную сеть, которая называется Selenium Grid, что позволяет легко масштабировать стенд автоматизации. Selenium-Grid используется для ускорения выполнения тестового прохода с помощью нескольких компьютеров для выполнения тестов параллельно. Например, если имеется тестовый набор, состоящий из 100 тестов, но при этом Selenium-Grid распределена на четырех различных серверах (виртуальные машины или отдельные физические машины), прохождение тестов будет производиться в четыре раза быстрее по сравнению с тем, если бы тесты запускались последовательно на одной машине.

Для больших наборов тестов и комплексных тестов, имеющих большие объемы данных для проверки, это может стать значительной экономией времени. Ведь для выполнения некоторых тестов может понадобиться несколько часов.

Кроме того, быстрое выполнение тестов позволяет сократить время для устранения той или иной ошибки, что очень важно в таких сложных комплексных системах как Smart Grid.

Вместе с тем, автоматизированные тесты позволяют получать немедленную обратную связь.

Общая структура интеллектуальной электроэнергетической системы крайне разнородна по широкой совокупности технико-технологических и иных параметров и характеристик, что замедляет процесс ликвидации существующих ошибок в работе и требует упорядочения в рамках единого подхода, который должен быть целесообразно сформирован на новых принципах построения автоматических тестов. На рис. 1 представлена предлагаемая модель системы.

Для объективного оценивания свойства отказоустойчивости интеллектуальной системы мы предлагаем использовать следующий показатель:

$$\Phi = \sum_{i=1}^N f_i(c_i) * (f_{\max} * N)^{-1}, \quad (1)$$

где f_i – число функций, корректно выполняемых интеллектуальной системой в состоянии c_i (например, в случае отказа работы какого-либо компонента интеллектуальной систе-

мы); $f_{\max}$ – число функций, которые выполняет полностью исправная система; N – количество возможных состояний интеллектуальной системы.

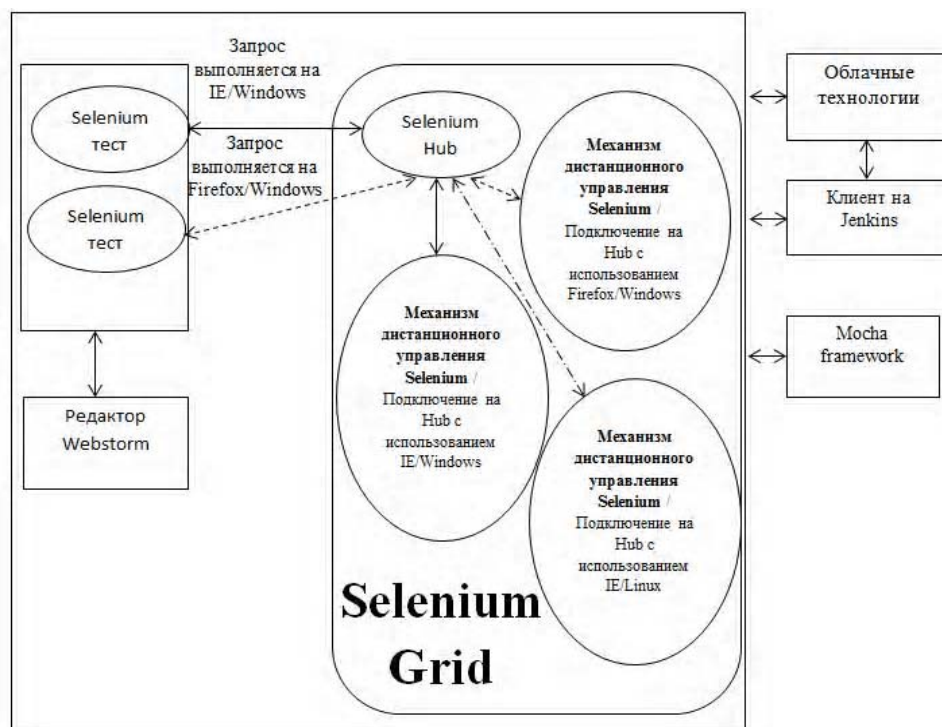


Рис. 1. Модель тестирования качества работы интеллектуальной энергетической системы

Одной из новейших разработок в области тестирования, которая соответствует требованиям интеллектуальной системы Smart Grid, является сервис „Sauce On Demand“ (рис. 2).

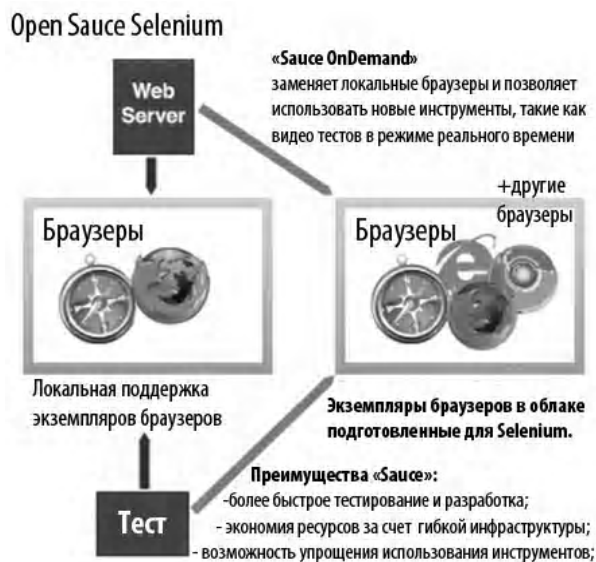


Рис. 2. Сервис „Sauce On Demand“

Данный продукт построен на основе продукта Selenium, но в отличие от него требует меньших временных ресурсов. Кроме того, данный сервис выполняет непрерывное сканирование экрана в каждой тестовой машине и хранит все видео в Amazon S3. Это позволяет выполнять Selenium кросс-браузерные тесты в облаке без необходимости настройки среды тестирования.

Amazon Simple Storage Service (Amazon S3) — онлайн-веб-служба, предоставляемая Amazon Web Services, предоставляющая возможность для хранения и получения любого объема данных, в любое время из любой точки сети, так называемый файловый хостинг. На сегодняшний день было запущено в общем числе 3 миллиона тестов, все из них были конвертированы в видео.

В качестве фреймворка тестирования мы предлагаем использовать JavaScript Mocha, который является многофункциональным фреймворком JavaScript, позволяет работать отдельно с узлами и браузерами и выполнять асинхронное тестирование просто и качественно. Mocha-тесты выполняются последовательно, что обеспечивает более гибкую возможность выполнения точной отчетности.

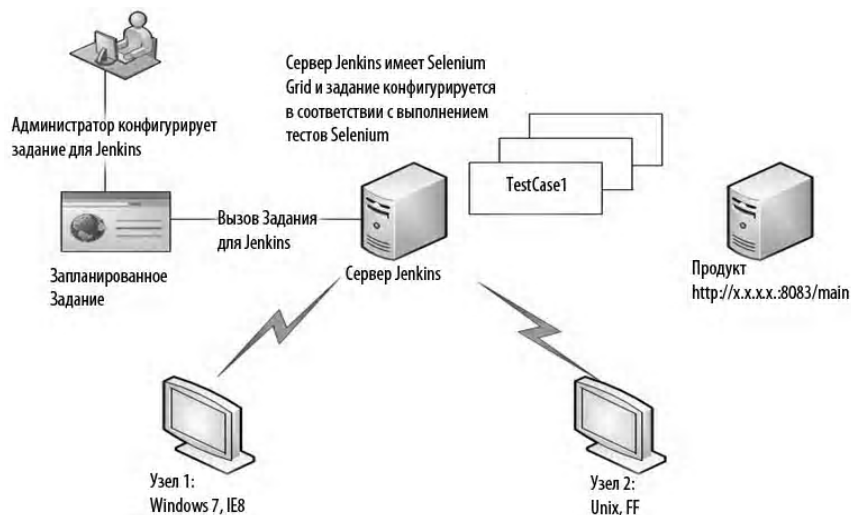
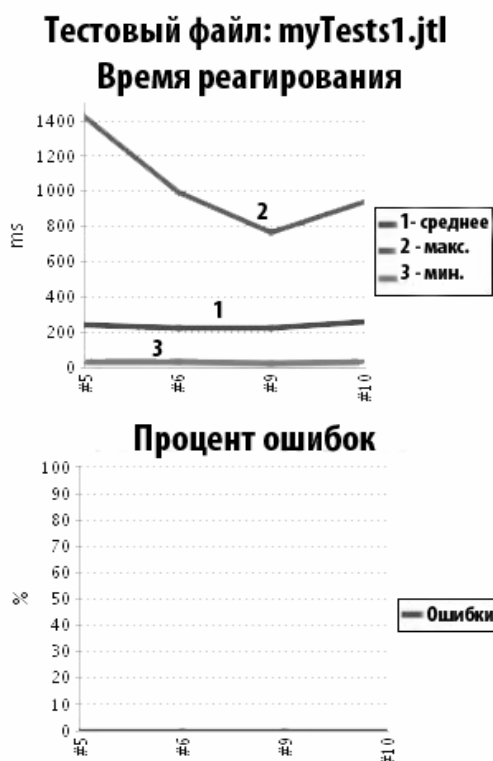


Рис. 3. Принцип работы с сервером Jenkins

Кроме того, мы используем сервер непрерывной интеграции Jenkins (рис. 3), который позволяет проверить, что каждая сборка проекта прошла успешно. Результаты анализа системы отображены на диаграмме (рис. 4).



72 Рис. 4. Диаграмма ошибок в Jenkins

А если при сборке возникли какие-то проблемы, то оператор немедленно об этом узнает, - ему будет отправлено уведомление (рис. 5). И кроме того, при использовании сервера непрерывной интеграции не нужны специальные ручные действия. Сервер CI сразу после изменений сам выполнит все тесты проекта, запустит анализаторы кода и соберет различные метрики. Кроме того, Jenkins позволяет осуществлять нагрузочное тестирование с помощью интеграции технологии JMeter.

JMeter является эмулятором работы большого количества пользователей (рис. 6).

JMeter дает возможность генерировать количество пользователей (number of threads), время, за которое начнут работу все пользователи (ramp-up-period), количество циклов для каждого пользователя (loop count).

Для каждого виртуального пользователя JMeter порождает нить. С помощью последовательности HTTP-запросов задается сценарий поведения пользователя («план тестирования»). На данном этапе развития информационных технологий отсутствует возможность со-

здавать сценарии поведения пользователей при помощи браузера. Управление запросами осуществляется с помощью модулей, называемых контроллерами, а доступ к данным тестирования – при помощи слушателей. Каждый слушатель собирает информацию, относящуюся только к одной определенной группе виртуальных пользователей. Собранную информацию можно представить в текстовой форме с помощью слушателя File Reporter или в виде графика с помощью слушателя Graph Results. При этом производится и первичная статистическая обработка результатов. Интервалы времени между запросами задаются с помощью таймеров.

S	W	Name	Крайний успех	Крайняя неудача	Крайняя продолжительность	
		check that customer is online	Неизвестно	Неизвестно	Неизвестно	
		recent customer activity check	Неизвестно	13 дней - #2	13 секунд	
		gas meter check	Неизвестно	Неизвестно	Неизвестно	
		electricity meter check	Неизвестно	Неизвестно	Неизвестно	
		check the message for the customer	13 дней - #2	Неизвестно	5 минуты 27 секунд	
		peak load testing	Неизвестно	13 дней - #1	53 секунд	
		network analysis	7 дней 19 часов - #106	4 дня 21 часов - #113	4 минуты 20 секунд	
		demand response optimization testing	15 дней - #4	Неизвестно	17 секунд	
		customer segmentation testing	1 месяц 3 дня - #4	Неизвестно	30 минут	

Иконка: S M L

Легенда: RSS для всех RSS для неудачных RSS для последних сборов

Рис. 5. Пример реализованного теста проверки отправки сообщений пользователям

Одним из достоинств JMeter является возможность удаленного тестирования с использованием клиент-серверной архитектуры на основе механизма Java RMI. Генерация нагрузки и сбор данных осуществляются на одном узле сети, а обработка и визуализация данных – на другом, что минимизирует влияние параметров среды передачи данных на результаты измерений. Клиент-серверная архитектура дает возможность построения распределенной системы тестирования путем размещения независимых тестирующих компонентов JMeterEngines на узлах вычислительной сети и удаленного управления ими.



Рис. 6. Конфигурация работы системы Jmeter

Еще одно достоинство JMeter, упрощающее обработку результатов тестирования, – это возможность использования тестовых утверждений (assertion). Ее наличие позволяет автоматически проверять соответствие ответов сервера, полученных в ходе тестирования, ожидаемым величинам. Например, с помощью тестовых утверждений, записанных в форме регулярных выражений, можно проверить наличие определенного текста в HTTP-

ответе. Использование Java не только обеспечивает поддержку большого числа платформ и облегчает построение распределенных систем, но также способствует расширяемости данной системы тестирования.

Развитию JMeter способствует и доступность исходных текстов; это позволяет надеяться на повышение качества данного инструментария в будущем.

Результат теста – максимальное число пользователей, которые могут одновременно получить доступ к веб-узлу, число запросов, обрабатываемых приложением, или время ответа сервера.

Основываясь на полученном результате, веб-мастер и сетевой администратор (в работе сервера участвуют и другие компоненты сети, маршрутизаторы, брандмауэр, кэширующий и прокси-сервер, база данных) смогут заранее выявить узкие места, возникающие из-за несбалансированной работы компонентов, и исправить ситуацию, перед тем как включать систему в реальную работу.

Во время тестирования имитируется одновременная работа нескольких сотен или тысяч посетителей. Для большей правдивости каждый из виртуальных пользователей может «ходить» по сайту по индивидуальному сценарию и иметь личные параметры. Также в процессе тестирования можно имитировать кратковременные пики нагрузки, когда количество посетителей скачкообразно увеличивается, что очень актуально для сайтов с неравномерной аудиторией.

На рис. 7 представлен пример реализованного теста проверки отправки сообщений пользователям. В данном тесте мы объявляем переменную пользователя, затем в отдельной переменной объявляем текст, который хотим отправить, после этого заходим в Web-приложение как определенный пользователь, затем по ссылке переходим в диалоговое окно, отправляем сообщение и после этого проверяем, что сообщение было доставлено.

```
it('should be able to send dialog message', function () {  
  var participant=users.StephenPowers,  
  textToSend = 'Hello', +participant.name + '! Current UNIX  
time is' + (new Date()).getTime();  
  
  helper.loggedInAs(users.Andrew.Boyd);  
  browser.get('/messages/dialogs/id:' +participant_id.toString());  
  sendDialogMessage(textToSend);  
  lastDialogMessage('Hello').should.be.equal(textToSend);  
});
```

Рис. 7. Пример проверки отправки сообщений пользователям

```
helper.loggedInAs(users.Andrew.Boyd);  
browser.get('/messages/SendSms');  
selectReceiver(groupName);  
typeMessage(textToSend);  
sendMessage();  
selectDialog(users.Trishamiller.name);  
lastDialogMessage().should.be.equal(textToSend);  
selectDialog(users.WendieLarkin.name);  
lastDialogMessage().should.be.equal(textToSend);  
selectDialog(users.WendieLarkin.name);  
lastDialogMessage().should.be.equal(textToSend);
```

Рис. 8. Читаемый тест

Для поиска необходимого элемента в браузере мы используем XPath. Xpath — это язык запросов к элементам xml или xhtml документа. Также как SQL, xpath является декларативным языком запросов. Чтобы получить интересующие данные, необходимо всего лишь создать запрос, описывающий эти данные. Например, нам необходимо получить элемент ссылки:

```
<div>
  <div id="div-id">некоторый div</div>
  <div>еще один div</div>
  <a href="http://internetka.in.ua/">
    
  </a>
</div>
```

Для этого достаточно написать один из представленных ниже запросов:

```
driver.findElement(By.xpath("//div[@id='div-id']/../a"));
driver.findElement(By.xpath("//div[@id='div-id']/following-sibling::a"));
```

Кроме того, с помощью XPath (и DOM) можно найти элемент относительно расположения других элементов на этой странице. Например, если необходимо проверить, что данная ссылка находится во втором параграфе текста, внутри секции <div>. Это можно задать при помощи XPath. При использовании локаторов ID и name можно проверить лишь факт наличия элемента на странице вообще, без указания определенного местоположения. Например, если есть необходимость проверить, что элемент отображается наверху сайта, в секции <header>, то следует использовать локатор XPath. Была разработана методика, согласно которой внутренняя структура всех функций инкапсулируется в отдельный файл, тем самым мы упрощаем структуру тестов и делаем их более читабельными. Здесь подразумевается то, что сторонний читатель, обладающий исключительно контекстом предметной области, в которой написан тест, читая только тест, не вынужден отвлекаться на выяснение деталей в другой контекст, может интуитивно догадаться о сути теста и выполняемых им утверждениях и проверках (рис. 8).

7. Покрывание ошибок системы путем тестирования переходов

Мы предлагаем метод покрытия ошибок системы с помощью математического моделирования границ транзакций [7, 8].

Предлагается использовать шестерку:

$$A = (I, O, L, l_0, C, T) ,$$

где I — конечное множество входов, которые представляют собой сообщения, полученные системой от окружающей среды; O — конечное множество выходов, которые представляют собой сообщения, передаваемые системой в окружающую среду; L — конечное множество положений. Положение представляет собой “статус” системы после выполнения перехода; $l_0 \in L$ — начальное положение системы; $T \subseteq L \times (I \cup O) \times \Phi(C) \times P(C) \times L$ — множество транзакций.

$$m, G, R$$

Транзакция обозначенная, как $t : l \rightarrow l'$, состоит из начального положения l , входящего или выходящего сообщения m , временной границы G , подмножества счетчиков R , которые сбрасываются, когда транзакция выполнена, и целевого положения l' (т.е. $цель(t) = l'$). Каждый счетчик в R используется для записи, чтобы определить, сколько времени прошло после выполнения транзакции. Такие счетчики в основном применяются для определения временных границ между транзакциями, в момент их обнуления, и будущими транзакциями. Будем считать, что транзакции выполняются мгновенно (т.е. они не требуют времени для выполнения). Кроме того, транзакции на входах ограничены элементарными конъюнкциями в виде $x \text{ op } b$, где $x \in C$, $op \in \{<, \leq, =, >, \geq\}$, а b — натуральное число, в то время, как транзакции на выходах ограничены элементарными конъюнкциями в виде $x \text{ op } b$, где $x \in C$, $op \in \{\leq, =, \geq\}$ и b — натуральные числа. Администратору, тестирующему систему, необходимо знать точное время выходов, так как они являются

неконтролируемыми величинами. В определении множества транзакций $\Phi(C)$ и $P(C)$ обозначают временные границы и мощность множества C , соответственно. Множество счетчиков используется для определения временных ограничений между более чем двумя транзакциями. Кроме того, мы предполагаем, что каждый счетчик $x \in C$ имеет ограниченную область $[0, B_x] \cup \{\infty\}$, где B_x – наибольшее целое число, являющееся ограничением по времени для x . Это означает, что каждый счетчик x является релевантным только в рамках целой константы B_x , и все значения x , больше чем B_x , представляются как ∞ . Таким образом, отсюда следует выражение:

$$\forall \epsilon > 0, B_x + \epsilon = \infty \text{ and } \forall \epsilon > 0, \infty + \epsilon = \infty.$$

Для счетчика x и для временной границы G определяется проекция G на x , обозначенная как $\text{Proj}(G, x)$, по условию $(x \text{ op } b)$ удаляются все счетчики, кроме x ; если счетчик не включен в G , то $\text{Proj}(G, x) = \text{true}$.

На рис. 9 показан пример, описывающий поведение простой мультимедийной системы. Система получает изображение, за которым следует звуковое сообщение в течение двух единиц времени, затем она посылает подтверждение, askAll , не более чем через три единицы времени после получения изображения и не более чем через две единицы времени после того, как получено звуковое сообщение, затем сообщение сбрасывается и система возвращается в начальное положение в режим ожидания следующего изображения.

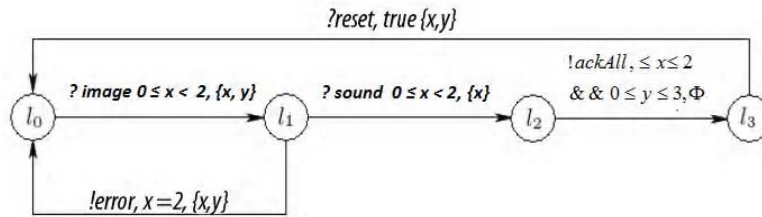


Рис. 9. Транзакции простой мультимедийной системы

Начальное положение системы l_0 . Транзакция $l_0 \xrightarrow{m, G, R} l_1$ выполняется, когда система получает сообщение с изображением и значение счетчика x меньше, чем 2. Когда транзакция выполнена, значения счетчиков x и y приравниваются 0. В данном примере временные области счетчиков, соответственно, $([0, 2] \cup \{\infty\})$ и $([0, 3] \cup \{\infty\})$. Проекция временной границы $(0 \leq x < 2)$ на счетчик x равна $(0 \leq x \leq 2)$, пока выполняется проекция на счетчик y (т.е. счетчик y не включен во временную границу). Однако проекция временной границы $((0 \leq x < 2) \&\& (1 \leq y \leq 2))$ на счетчик x равна $(0 \leq x \leq 2)$, в то время как проекция на счетчик y равна $(1 \leq y \leq 2)$ (здесь, оба счетчика x и y включены во временную границу).

8. Выводы

Высокое покрытие тестами является важным этапом обеспечения работы интеллектуальной системы Smart Grid.

Был предложен метод минимизации рисков для автоматизированной системы распределенной энергетической сети потребителей с помощью автоматизированных тестов.

Предложен метод покрытия ошибок системы с помощью математического моделирования границ, предотвращающий ошибки при выполнении транзакций.

Таким образом, предложенная методика определения наиболее эффективного варианта тестирования автоматизированной системы распределенной энергетической сети потребителей и производителей электроэнергии позволяет эмулировать участие в работе сети потребителей; может проверять устойчивость сети к физическому и кибернетическому

вмешательству злоумышленников; тестирует обеспечение синхронной работы источников генерации и узлов хранения электроэнергии; повышает эффективность работы энергосистемы в целом.

Список литературы: 1. *A. K. David and F. Wen*, Market Power in Electricity Supply, Proceedings of 2002 Power Engineering Society Winter Meeting. 2002. Vol. 1. P. 452-457. 2. *J. B. Park, et al.*, A Continuous Strategy Game for Power Transactions Analysis in Competitive Electricity Markets,” IEEE Trans. on Power Systems, 2000. Vol. 16. P. 847-855. 3. *J. W. Bialek*, Gaming the Uniform-Price Spot Market - Quantitative Analysis,” IEEE Trans. on Power Systems, 2002. Vol. 17. P. 768-773. 4. *Kyzemin Oleksandr, Gurina Iryna*, Methods and models of the effective distribution of energy between consumers and producers, ITHEA, 2013. 5. *Ларичев О.И.* Теория и методы принятия решений. М.: Логос, 2002. 392 с. 6. *Питерсон Дж.* Теория сетей Петри и моделирование систем /Пер. с англ. М.: Мир, 1984. 264 с. 7. *A. En-Nouaary, R. Dssouli, and F. Khendek*, “Timed Wp-Method: Testing Real-Time Systems”, IEEE Transactions on Software Engineering, 28(11). 2002. P. 1023–1038. 8. *A. Khoumsi, A. En-Nouaary, R. Dssouli, and M. Akalay*, “A New Method for Testing Real-Time Systems”, In Proc. of the Seventh International Conference on Real-Time Systems and Applications, Cheju Island, South Korea. 2000. P. 441–451.

Поступила в редколлегию 27.04.2013

Куземин Александр Яковлевич, д-р техн. наук, профессор ХНУРЭ. Научные интересы: проектирование ситуационных центров. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел/факс +38 (057) 702-15-15.

Гурина Ирина, аспирантка ХНУРЭ. Научные интересы: проектирование ситуационных центров. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, эл. почта: _charmell_@mail.ru, тел: +380 66 93 93 785.

УДК 519.7.004

А.А. ПЛУГИН, Л.Э. ЧАЛАЯ

МЕТОД АВТОМАТИЧЕСКОГО ГЕНЕРИРОВАНИЯ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ СПИСКОВ

Описывается разработанный автором алгоритм и программная реализация web-сервиса для автоматической генерации библиографических списков. Web-сервис разрабатывается с использованием языка программирования Perl и технологии ASP.NET. Графический интерфейс пользователя реализуется с помощью технологии ASP.NET. Интерфейс пользователя представляет собой веб-приложение, применять которое можно через веб-браузер.

Введение

В современном обществе существует большое количество информации – книг, журналов, статей, диссертаций и т.п., представленных в различных видах – электронном, бумажном. Это обилие порождает трудности в поиске информации, преодолеваемые путем различных систематизаций. Для систематизации литературных произведений используют библиографические описания литературных источников, которые должны однозначно их идентифицировать. Проблема, возникающая при составлении и корректировке библиографических описаний и списков, – сложность и трудоемкость учета всех требований действующих стандартов оформления. Решению этой проблемы может способствовать разработка web-сервиса для генерации библиографических списков в соответствии со стандартом государства, в котором выполняется научная или другая работа, требующая включения в себя таких списков.

1. Постановка задач исследования

Цель работы – создание web-сервиса для автоматической корректировки списков библиографических описаний. Web-сервис должен предоставлять пользователю интерфейс взаимодействия с системой автоматической корректировки и формирования библиографических описаний.

вмешательству злоумышленников; тестирует обеспечение синхронной работы источников генерации и узлов хранения электроэнергии; повышает эффективность работы энергосистемы в целом.

Список литературы: 1. *A. K. David and F. Wen*, Market Power in Electricity Supply, Proceedings of 2002 Power Engineering Society Winter Meeting. 2002. Vol. 1. P. 452-457. 2. *J. B. Park, et al.*, A Continuous Strategy Game for Power Transactions Analysis in Competitive Electricity Markets,” IEEE Trans. on Power Systems, 2000. Vol. 16. P. 847-855. 3. *J. W. Bialek*, Gaming the Uniform-Price Spot Market - Quantitative Analysis,” IEEE Trans. on Power Systems, 2002. Vol. 17. P. 768-773. 4. *Kyzemin Oleksandr, Gurina Iryna*, Methods and models of the effective distribution of energy between consumers and producers, ITHEA, 2013. 5. *Ларичев О.И.* Теория и методы принятия решений. М.: Логос, 2002. 392 с. 6. *Питерсон Дж.* Теория сетей Петри и моделирование систем /Пер. с англ. М.: Мир, 1984. 264 с. 7. *A. En-Nouaary, R. Dssouli, and F. Khendek*, “Timed Wp-Method: Testing Real-Time Systems”, IEEE Transactions on Software Engineering, 28(11). 2002. P. 1023–1038. 8. *A. Khoumsi, A. En-Nouaary, R. Dssouli, and M. Akalay*, “A New Method for Testing Real-Time Systems”, In Proc. of the Seventh International Conference on Real-Time Systems and Applications, Cheju Island, South Korea. 2000. P. 441–451.

Поступила в редколлегию 27.04.2013

Куземин Александр Яковлевич, д-р техн. наук, профессор ХНУРЭ. Научные интересы: проектирование ситуационных центров. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел/факс +38 (057) 702-15-15.

Гурина Ирина, аспирантка ХНУРЭ. Научные интересы: проектирование ситуационных центров. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, эл. почта: _charmell_@mail.ru, тел: +380 66 93 93 785.

УДК 519.7.004

А.А. ПЛУГИН, Л.Э. ЧАЛАЯ

МЕТОД АВТОМАТИЧЕСКОГО ГЕНЕРИРОВАНИЯ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ СПИСКОВ

Описывается разработанный автором алгоритм и программная реализация web-сервиса для автоматической генерации библиографических списков. Web-сервис разрабатывается с использованием языка программирования Perl и технологии ASP.NET. Графический интерфейс пользователя реализуется с помощью технологии ASP.NET. Интерфейс пользователя представляет собой веб-приложение, применять которое можно через веб-браузер.

Введение

В современном обществе существует большое количество информации – книг, журналов, статей, диссертаций и т.п., представленных в различных видах – электронном, бумажном. Это обилие порождает трудности в поиске информации, преодолеваемые путем различных систематизаций. Для систематизации литературных произведений используют библиографические описания литературных источников, которые должны однозначно их идентифицировать. Проблема, возникающая при составлении и корректировке библиографических описаний и списков, – сложность и трудоемкость учета всех требований действующих стандартов оформления. Решению этой проблемы может способствовать разработка web-сервиса для генерации библиографических списков в соответствии со стандартом государства, в котором выполняется научная или другая работа, требующая включения в себя таких списков.

1. Постановка задач исследования

Цель работы – создание web-сервиса для автоматической корректировки списков библиографических описаний. Web-сервис должен предоставлять пользователю интерфейс взаимодействия с системой автоматической корректировки и формирования библиографических описаний.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи: исследовать стандарты и правила оформления библиографических списков; проанализировать методы обработки текстовой информации; исследовать применимость регулярных выражений для обработки библиографических описаний; обосновать выбор программных средств для реализации web-сервиса; разработать алгоритм автоматического формирования библиографических списков; разработать программный web-сервис, позволяющий использовать систему автоматической корректировки библиографических списков.

2. Анализ предметной области, регулярных выражений и формальных грамматик

Библиографическое описание – совокупность библиографических сведений о документе, его составной части или группе документов, приведенных по определенным правилам и необходимых и достаточных для общей характеристики и идентификации документа. Источником библиографических сведений является документ в целом, в первую очередь те его элементы, которые содержат выходные сведения [1]. Библиографические сведения в описании показывают в том виде, в каком они даны в документе, или формулируют их на основе анализа документа. Набор и последовательность использования источников библиографических сведений регламентированы в соответствующих принятых стандартах. Для уточнения имеющихся или получения недостающих библиографических сведений применяют библиографические пособия, библиотечные каталоги, справочные издания и прочие источники. Библиографические сведения, заимствованные из них, а также сведения, сформулированные на основе анализа документа, заключают в квадратные скобки.

Для каждой области библиографического описания установлен основной источник библиографических сведений. При отсутствии такого источника его заменяют другим, содержащим наиболее полную информацию. Библиографические сведения, заимствованные не из основного источника, могут быть заключены в квадратные скобки. Библиографическое описание состоит из элементов, объединенных в области, и заголовка. Элементы и области приводят в последовательности, установленной в перечнях стандарта. Отдельные элементы и области могут повторяться. Библиографические сведения, относящиеся к разным элементам, но грамматически связанные в одном предложении, записывают в предшествующем элементе. Элементы библиографического описания подразделяют на обязательные и факультативные. Обязательные элементы обеспечивают идентификацию документа. Их приводят в любом библиографическом описании при наличии соответствующих сведений в источнике описания. Общий для группы библиографических описаний обязательный элемент, вынесенный в название раздела или в заглавие информационного издания, в описании опускают. Факультативные элементы дают дополнительную информацию о документе (его содержании, читательском назначении, иллюстративном материале и т.п.). Набор факультативных элементов определяет библиографирующее учреждение. Он является постоянным для определенного информационно-поискового массива (библиотечного каталога, издания и т.д.).

В библиографическом описании областям и элементам предшествуют следующие условные разделительные знаки: «.—» (точка и тире), «.» (точка), «,» (запятая), «:» (двоеточие), «;» (точка с запятой), «/» (косая черта), «//» (две косые черты), «()» (круглые скобки), «[]» (квадратные скобки), «+» (плюс), «=» (знак равенства). Каждой области библиографического описания, кроме первой, предшествует знак точка и тире (.—), который заменяют точкой, если область выделена шрифтом или записана с новой строки. Если первый элемент области отсутствует, точку и тире ставят перед последующим элементом, разделительный знак которого в этом случае опускают. При повторении в библиографическом описании отдельных областей (серии, примечания, международного стандартного номера) повторяют точку и тире.

Библиографическое описание составляют на языке текста документа, при этом часть сведений (например, в области количественной характеристики) допускается записывать на языке того государства, в котором находится библиографирующее учреждение. Библиографическое описание может быть составлено на языке выходных сведений, если язык текста и язык выходных сведений различны. При необходимости библиографическое описание составляют в транслитерации, транскрипции, а также в переводе на язык того

государства, в котором находится библиографирующее учреждение. Во всех случаях, когда язык библиографического описания отличается от языка текста документа или его выходных сведений, в области примечания приводят данные о языке текста или выходных сведений документа.

В библиографическом описании следует соблюдать нормы современной орфографии. Первое слово каждого элемента (кроме сведений об иллюстрациях) начинают с прописной буквы. Остальные прописные буквы приводят в соответствии с нормами языка, на котором составлено описание, независимо от того, какие буквы приведены в документе. При наличии в документе ошибок и опечаток, не искажающих смысла, сведения в описании приводят в исправленном виде и не оговаривают исправления. Ошибки и опечатки, изменяющие смысл текста, а также все ошибки в фамилиях, инициалах лиц, принимавших участие в создании документа, в датах, исправляют. Сведения об ошибочной форме приводят в области примечания или отмечают иным способом.

При составлении библиографического описания применяют различные приемы сокращений. В библиографических описаниях документов, изданных на русском и других языках, для часто встречающихся в различных областях и элементах библиографического описания слов и понятий применяют унифицированные формы сокращений на русском языке: «и др.» (и другие), «и т.д.» (и так далее), «ст.» (старший), «мл.» (младший), «Б. м.» (Без места), «Б. и.» (Без издательства), «Б. г.» (Без года), «Разд. паг.» (Раздельная пагинация).

В библиографических описаниях документов на иностранных языках с латинской графической основой для приведенных слов и понятий применяют унифицированные формы сокращений на латинском языке: “etc.” (et cetera), “et al.” (et alii), “Sen.” (Senior), “Jun.” (Junior), “S. l.” (Sine loco), “S. n.” (Sine nomine), “S. a.” (Sine anno), “pag. var.” (pagina varia). При необходимости их эквиваленты приводят на соответствующих языках. В отдельных случаях, например, при длинном заглавии, опускают часть элемента или фразы, при этом пропуск обозначают знаком многоточие (...).

Существует такое понятие, как выражение в квадратных скобках. Квадратные скобки ограничивают поиск теми символами, которые в них заключены – «[abc]». Этому регулярному выражению соответствует любая строка, содержащая abc либо вместе, либо каждый из них в отдельности. Предположим, что необходимо создать регулярное выражение, соответствующее всем буквам русского алфавита. В этом случае можно перечислить все эти буквы в регулярном выражении, это допустимо. Более коротко такое регулярное выражение можно записать как «[а-Я]». Оно соответствует всем буквам русского алфавита, поскольку любые два символа, разделяемые дефисом, задают соответствие диапазону символов, находящихся между ними. Регулярное выражение «[а-Я]» описывает символы как нижнего, так и верхнего регистров, поэтому более подробно это выражение можно записать как «[а-яА-Я]». Точно таким же образом задаются регулярные выражения, соответствующие числам как «[0-9]» или как «[0123456789]». Оба этих выражения эквивалентны и соответствуют любой цифре.

Языком в алфавите V называется подмножество цепочек конечной длины, состоящих из символов этого алфавита. Для описания языков существует несколько способов, однако в данной работе интерес представляет только один – с помощью порождающих грамматик. Порождающая грамматика G – это четверка (VT, VN, P, S) , где: VT – алфавит терминальных символов (или терминалов); VN – алфавит нетерминальных символов (или нетерминалов), который не пересекается с VT ; P – конечное множество правил вывода; S – нетерминальный ($S \in VN$) начальный символ грамматики.

Языком, порождаемым грамматикой $G = (VT, VN, P, S)$, называется множество всех цепочек терминальных символов, выводимых из начального символа в данной грамматике. Грамматики G_1 и G_2 называются эквивалентными, если порождаемые ими языки одинаковы. Цепочка b , выводимая из S в грамматике $G = (VT, VN, P, S)$, называется сентенциальной формой в грамматике G . Таким образом, язык, порождаемый грамматикой G , также можно определить как множество терминальных сентенциальных форм [5].

Ноам Хомский в своих работах выделил четыре основных типа грамматик, в зависимости от их условной сложности. Чем меньше «номер» типа, тем грамматика считается

более сложной. Для отнесения грамматики к тому или иному типу необходимо соответствие всех ее правил вывода некоторым схемам [9]. Самая общая грамматика – типа 0, которая называется неограниченной грамматикой. К неограниченным грамматикам (или грамматикам с фазовой структурой) относятся все формальные грамматики без исключения.

Формальная грамматика $G = (VT, VN, P, S)$ называется неограниченной или грамматикой типа 0, если все ее правила имеют вид $\alpha \rightarrow \beta$, где $\alpha \in (VT \cup VN)^+$ содержит хотя бы один нетерминальный символ, $\beta \in (VT \cup VN)$. В силу своей сложности этот тип грамматик представляет исключительно теоретический интерес, на практике они не применяются. К типу 0 обычно относят естественные языки.

К типу 1 относят контекстно-зависимые и неукорачивающие грамматики. Неукорачивающей называется формальная грамматика $G = (VT, VN, P, S)$, все правила вывода которой имеют вид $\alpha \rightarrow \beta$, где $\alpha \in (VT \cup VN)^+$, $\beta \in (VT \cup VN)$ и $|\alpha| \leq |\beta|$ (т.е. каждая последующая цепочка вывода этой грамматики будет иметь такую же или большую длину). Контекстно-зависимой грамматикой называется формальная грамматика $G = (VT, VN, P, S)$, все правила которой имеют вид $\lambda_1 A \lambda_2 \rightarrow \lambda_1 \beta \lambda_2$, где $\lambda_1, \lambda_2 \in (VT \cup VN)^*$, $A \in VN$, $\beta \in (VT \cup VN)$. Множество языков, порождаемых неукорачивающими грамматиками, совпадает со множеством языков, порождаемым контекстно-зависимыми грамматиками, поэтому все грамматики типа 1 можно называть контекстно-зависимыми. Контекстно-зависимые грамматики используются для анализа текста на естественных языках, но в силу своей сложности при трансляции они не применяются.

Контекстно-свободной называется формальная грамматика $G = (VT, VN, P, S)$, все правила вывода которой имеют вид $A \rightarrow \beta$, $A \in VN$, $\beta \in (VT \cup VN)^*$. Укорачивающие контекстно-свободные грамматики почти эквивалентны контекстно-свободным. Практически для всех языков программирования можно построить порождающие их контекстно-свободные грамматики. Именно поэтому стандартный способ описания синтаксиса языков программирования, данных, протоколов (в документах RFC и ISO) – форма Бэкуса-Наура является своеобразной формой контекстно-свободных грамматик.

Формальные грамматики типа 3 называются регулярными. Регулярные грамматики бывают двух типов: праволинейной и леволинейной. Праволинейные и леволинейные грамматики эквивалентны. Праволинейной называется формальная грамматика $G = (VT, VN, P, S)$, все правила вывода которой имеют вид $A \rightarrow tB$, где $A, B \in VN$, $t \in VT$.

Леволинейной называется формальная грамматика $G = (VT, VN, P, S)$, все правила вывода которой имеют вид $A \rightarrow Bt$, где $A, B \in VN$, $t \in VT$.

Регулярные языки (т.е. языки, порождаемые регулярными грамматиками) могут быть описаны и другим способом – с помощью так называемых регулярных выражений [3]. Можно определить понятие регулярного выражения рекурсивно:

- а) ϵ – регулярное выражение, порождающее пустой регулярный язык $\{\epsilon\}$;
- б) a – регулярное выражение, порождающее регулярный язык $\{a\}$;
- в) пусть P и Q – регулярные языки, которые порождены регулярными выражениями p и q соответственно. Тогда:
 - 1) $(p|q)$ – регулярное выражение, которое порождает регулярный язык $P \cup Q$;
 - 2) (pq) – регулярное выражение, которое порождает регулярный язык PQ ;
 - 3) (p^*) – регулярное выражение, которое порождает регулярный язык P^* ;
 - 4) других регулярных выражений нет.

Истоки регулярных выражений лежат в теории автоматов, теории формальных языков и классификации формальных грамматик – по Хомскому. Эти области изучают вычислительные модели (автоматы) и способы описания и классификации формальных языков. В 1940-х гг. Уоррен Маккалок и Уолтер Питтс описали нервную систему, используя простой автомат в качестве модели нейрона [8]. Математик Стивен Клини позже описал эти

модели, используя свою систему математических обозначений, названную «регулярные множества». Кен Томпсон построил их в редактор QED, а затем в редактор ed под UNIX. С этого времени регулярные выражения стали широко использоваться в UNIX и UNIX-подобных утилитах, таких как `expr`, `awk`, `Emacs`, `vi`, `lex` и `Perl`.

В регулярных выражениях лишние скобки обычно опускаются, при этом действует соглашение о приоритете операций: наивысшим приоритетом обладает операция итерации, затем идет операция конкатенации и, наконец, операция объединения имеет самый низкий приоритет. Регулярные выражения называются эквивалентными, если они порождают один и тот же язык. Отношение эквивалентности будем обозначать знаком равенства (=). Сейчас регулярные выражения используются многими текстовыми редакторами и утилитами для поиска и изменения текста на основе выбранных правил. Многие языки программирования уже поддерживают регулярные выражения для работы со строками. Например, `Perl` и `Tcl` имеют встроенный в их синтаксис механизм обработки регулярных выражений. Набор утилит (включая редактор `sed` и фильтр `grep`), поставляемых в дистрибутивах `Unix`, одним из первых способствовал популяризации понятия регулярных выражений.

Регулярные выражения используются для сжатого описания некоторого множества строк с помощью шаблонов, без необходимости перечисления всех элементов этого множества. При составлении шаблонов применяется специальный синтаксис, поддерживающий следующие операции:

- перечисление, вертикальная черта разделяет допустимые варианты. Например, «`gray|grey`» соответствует `gray` или `grey`;
- группировка, круглые скобки, используются для определения области действия и приоритета операторов. Например, «`gray|grey`» и «`gr(a|e)y`» являются разными образцами, но они оба описывают множество, содержащее `gray` и `grey`;
- квантификация, фигурные скобки, находится после символа или группы и определяет, сколько раз предшествующее выражение может встречаться; `{m,n}` определяет общее выражение, повторений может быть от `m` до `n` включительно; `{m,}` определяет общее выражение, `m` и более повторений; `{,n}` определяет общее выражение, не более `n` повторений. Знак вопроса означает 0 или 1 раз, то же самое, что и `{0,1}`, например, «`colour?r`» соответствует и `color`, и `colour`. Звездочка означает 0, 1 или любое число раз `{0,}`. Например, «`go*gle`» соответствует `gogle`, `ggle`, `gooogle` и т. д. Плюс означает хотя бы 1 раз `{1,}`, например, «`go+gle`» соответствует `gogle`, `google` и т. д. (но не `ggle`).

Существует большое количество вариаций синтаксиса регулярных выражений, зависящего от реализации. Синтаксис «базовых» регулярных выражений `Unix` на данный момент определен POSIX как устаревший, но он до сих пор широко распространен из соображений обратной совместимости. Многие `Unix`-утилиты используют этот синтаксис по умолчанию. В синтаксисе регулярных выражений `Unix` большинство символов соответствуют сами себе («`a`» соответствует «`a`» и т. д.). Исключения из этого правила называются метасимволами:

- `.` (точка) соответствует любому единичному символу;
- `[ ]` соответствует любому единичному символу из числа заключённых в скобки.

Символ «`-`» интерпретируется буквально только в том случае, если он расположен непосредственно после открывающей или перед закрывающей скобкой: `[abc-]` или `[-abc]`. В противном случае он обозначает интервал символов. Например, `[abc]` соответствует «`a`», «`b`» или «`c`»; `[a-z]` соответствует буквам нижнего регистра латинского алфавита. Эти обозначения могут и сочетаться: `[abcq-z]` соответствует `a`, `b`, `c`, `q`, `r`, `s`, `t`, `u`, `v`, `w`, `x`, `y`, `z`. Чтобы установить соответствие символам «`[`» или «`]`», достаточно, чтобы закрывающая скобка была первым символом после открывающей: `[[ab]` соответствует «`[`», «`[`», «`a`» или «`b`»;

- `[^ ]` соответствует единичному символу из числа тех, которых нет в скобках. Например, `[^abc]` соответствует любому символу, кроме «`a`», «`b`» или «`c`»; `[^a-z]` соответствует любому символу, кроме символов нижнего регистра в латинском алфавите;
- `^` соответствует началу текста или началу любой строки;
- `$` соответствует концу текста или концу любой строки;
- `\` объявляет «отмеченное подвыражение», которое может быть использовано позже (см. следующий элемент: `\n`). «Отмеченное подвыражение» также является «блоком»;

– \n где n – это цифра от 1 до 9; соответствует n-му отмеченному подвыражению. Эта конструкция теоретически нерегулярна, она не была принята в расширенном синтаксисе регулярных выражений;

– * после выражения, соответствующего единичному символу, соответствует нулю или более копий этого выражения. Например, «[xyz]*» соответствует пустой строке, «x», «y», «zx», «zyx» и т. д. Комбинация символов \n*, где n – это цифра от 1 до 9, соответствует нулю или более вхождений для соответствия n-го отмеченного подвыражения. Например, «\((a.\)c\1*» соответствует «abcab» и «abcaba», но не «abcac». Выражение, заключённое в «\((» и «\))» и сопровождаемое «*», следует считать неправильным. В некоторых случаях оно соответствует нулю или более вхождений строки, которая была заключена в скобки. В других оно соответствует выражению, заключённому в скобки, учитывая символ «*»;

– \{x,y\} соответствует последнему блоку, встречающемуся не менее x и не более y раз. Например, «a\{3,5\}» соответствует «aaa», «aaaa» или «aaaaa».

Различные реализации регулярных выражений интерпретируют обратную косую черту перед метасимволами по-разному. Например, egrep и Perl интерпретируют скобки и вертикальную черту как метасимволы, если перед ними нет обратной косой черты, и воспринимают их как обычные символы, если черта есть.

Многие диапазоны символов зависят от выбранных настроек локализации. В POSIX было стандартизовано объявление некоторых классов и категорий символов (таблица).

Классы и категории символов

	POSIX	Unix-синтаксис	Perl	Обозначение
Класс либо категория	[[:upper:]]	[A-Z]		символы верхнего регистра
	[[:lower:]]	[a-z]		символы нижнего регистра
	[[:alpha:]]	[A-Za-z]		символы верхнего и нижнего регистра
	[[:alnum:]]	[A-Za-z0-9]		цифры, символы верхнего и нижнего регистра
	–	[A-Za-z0-9_]	\w	цифры, символы верхнего, нижнего регистра и «_»
	–	[^A-Za-z0-9_]	\W	не цифры, символы верхнего, нижнего регистра и «_»
	[[:digit:]]	[0-9]	\d	цифры
	–	[^0-9]	\D	не цифры
	[[:xdigit:]]	[0-9A-Fa-f]		шестнадцатеричные цифры
	[[:punct:]]	[.,!?:...]		знаки пунктуации
	[[:blank:]]	[\t]		пробел и TAB
	[[:space:]]	[\t\n\r\f\v]	\s	символы пробелов(пропуска)
		[^ \t\n\r\f\v]	\S	не символы пробелов(пропуска)
	[[:cntrl:]]	[\x00-\x1F\x7F]		символы управления
	[[:graph:]]	[[:alnum:]] ? [[:punct:]]		символы печати
	[[:print:]]	[\x20-\x7E]		символы печати и символы пропуска (видимые символы и пробелы)

Способ представления самих метасимволов «.»», «.»», «-», «[», «\» и других в регулярных выражениях без интерпретации, т.е., в качестве простых (не специальных) символов – экранирование их обратной косой чертой: «\». Например, чтобы представить сам символ «точка», необходимо написать «\.»». Чтобы представить символ открывающей квадратной скобки «[», надо написать «\[» и т.д. Сам метасимвол \ тоже может быть экранирован, т.е. представлен как две обратных косых черты, и тогда интерпретатор регулярных выражений воспримет его как простой символ обратной косой черты.

Квантификаторам в регулярных выражениях соответствует максимально длинная строка из возможных (квантификаторы являются «жадными»). Это может оказаться значи-

тельной проблемой. Например, часто ожидают, что выражение (<.*>) найдёт в тексте теги HTML. Однако этому выражению так же соответствует любая строка, заключенная между двумя тегами. Проблему жадности квантификаторов можно решить двумя способами. Первый состоит в том, что в регулярном выражении учитываются символы, не соответствующие желаемому образцу (<[<^>]*> для описанного выше случая). Второй заключается в определении квантификатора как нежадного (ленивого) – большинство реализаций позволяют это сделать, добавив после него знак вопроса. Например, выражению (<.*?>) будет соответствовать только тег HTML [2].

Следовательно, существуют «ленивые» аналоги «жадных» квантификаторов:

- *? – «не жадный» («ленивый») эквивалент *;
- *? – «не жадный» («ленивый») эквивалент *;
- +? – «не жадный» («ленивый») эквивалент +;
- {n,}? – «не жадный» («ленивый») эквивалент {n,}.

Использование «ленивых» квантификаторов может повлечь за собой обратную проблему, когда выражению соответствует слишком короткая строка.

Также существуют квантификаторы повышения жадности. Сверхжадные квантификаторы (possessive quantifiers):

- *+ – «сверхжадный» эквивалент *;
- ++ – «сверхжадный» эквивалент +;
- {n,}+ – «сверхжадный» эквивалент {n,}.

Регулярные выражения в POSIX аналогичны традиционному Unix-синтаксису, но с добавлением некоторых метасимволов:

«+» указывает на то, что предыдущий символ или группа может повторяться один или несколько раз. В отличие от звёздочки, хотя бы одно повторение обязательно;

«+» указывает на то, что предыдущий символ или группа может повторяться один или несколько раз. В отличие от звёздочки, хотя бы одно повторение обязательно;

«|» разделяет альтернативные варианты регулярных выражений. Один символ задаёт две альтернативы, но их может быть и больше, достаточно использовать больше вертикальных чёрточек. Необходимо помнить, что этот оператор применяет максимально возможную часть выражения. По этой причине оператор альтернативы чаще всего используется внутри скобок.

Регулярные выражения в Perl имеют более богатый и в то же время предсказуемый синтаксис, чем в POSIX. По этой причине очень многие приложения применяют именно Perl-совместимый синтаксис регулярных выражений. В нём используются такие группы:

() простая группа с захватом;

(?:) группа без захвата. Аналогична группе с захватом, но заключённое в скобках выражение не добавляется к списку захваченных фрагментов. Например, если требуется найти или «здравствуйте», или «здрате», но не важно, какое именно приветствие найдено, можно воспользоваться выражением здра(?:сте|вствуйте);

(?=) группа с заглядыванием вперёд. Продолжает поиск только если справа от текущей позиции в тексте находится заключённое в скобки выражение. При этом само выражение не захватывается. Например, говор(?:=ить) найдёт «говор» в «говорить», но не в «говорит».

3. Метод генерации и его программная реализация

В работе предложен метод решения поставленной задачи. Схема его алгоритма представлена на рис. 1.

Алгоритм работы программы заключается в четырёх основных этапах:

- а) пользователь вводит в программу библиографическое описание, которое может быть оформлено некорректно;
- б) программа осуществляет разбор полученного библиографического описания на атомарные информационные единицы;
- в) если возможно (информация достаточно полна), то осуществляется форматирование полученных данных в соответствии со стандартами;
- г) для пользователя выводятся сформированные конечные и промежуточные данные.

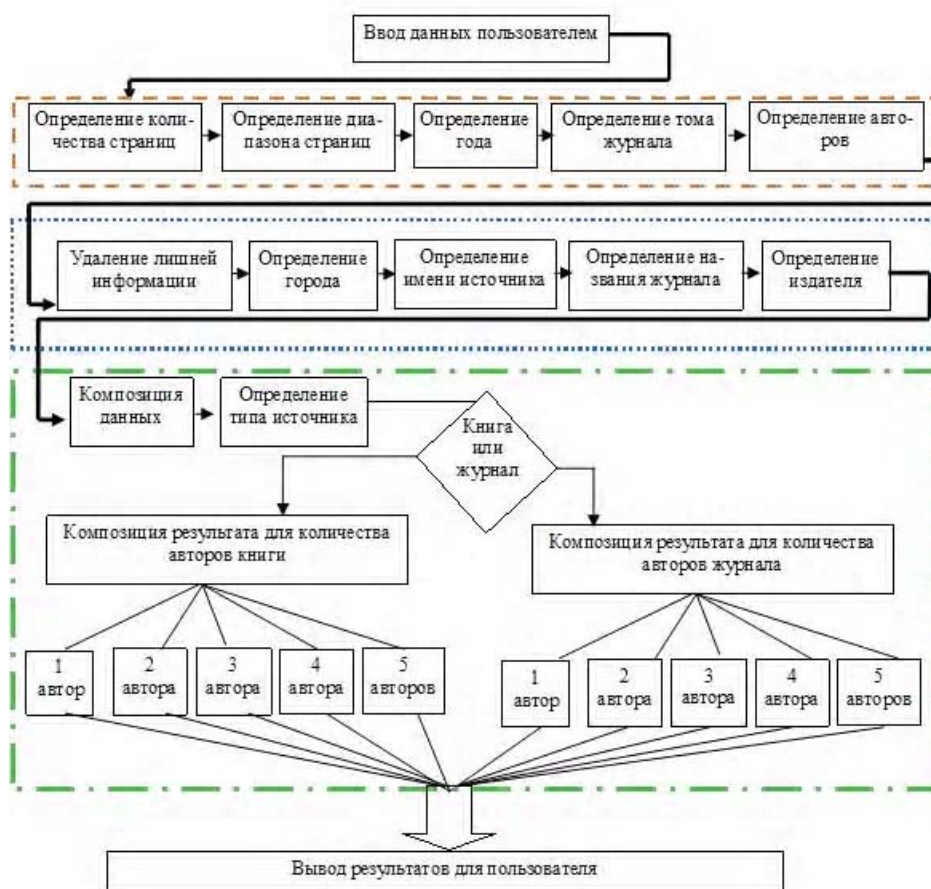


Рис. 1. Схема алгоритма метода генерации

Первый и последний этапы касаются периферийных возможностей ввода и вывода программы и не влияют на результат работы. Второй этап – самая объёмная и трудоёмкая часть программной реализации данной дипломной работы. На втором этапе происходит разбиение полученного описания на следующие информационные единицы: тип литературного источника; название литературного источника; название издательства; город издательства; количество страниц; диапазон страниц; список авторов; название периодического издания; номер периодического издания; том периодического издания.

Перечисленные информационные единицы находятся в глобальной области видимости, т.е. являются общими для всех типов литературных источников, но так как некоторые информационные единицы уникальны, то, в идеальном случае, невозможно наличие сразу всех информационных единиц во входящем библиографическом описании. На деле такая ситуация может существовать по причине того, что пользователь не ограничен рамками на оформление входящего библиографического описания. Однако чем больше степень соответствия входящего библиографического описания стандарту, тем больше вероятность того, что операция разбиения на информационные единицы завершится успешно.

Процесс разбиения заключается в трёх подэтапах. Первый подэтап – это попытка извлечь из библиографического описания однозначно-определённую информацию, т.е. информацию, структура которой всегда находится в определённых рамках. Например, год – это всегда четырёхзначное число, чаще всего с последующей точкой после этого числа. Количество страниц – это число, с последующей буквой «С», которая может быть малой либо большой, после нее часто стоит точка. Данные утверждения не гарантируют абсолютное отсутствие проблем, связанных с ложными совпадениями. Так, может встретиться ситуация, что в названии книги будет присутствовать конструкция, аналогичная описанной выше. Однако стоит заметить, что такие ложные совпадения маловероятны, либо специфические – для литературы определённого рода. Извлечение однозначно определённой ин-

формации реализовано с помощью регулярных выражений, которые могут однозначно описывать определённые конструкции. Всего на этом этапе возможно извлечь следующие информационные единицы: количество страниц; диапазон страниц; список авторов; номер периодического издания; том периодического издания. Второй подэтап заключается в удалении из входящего библиографического описания уже найденной информации, а также вырезании лишних несущественных символов, таких как точка или двойные пробелы.

На третьем подэтапе происходит поиск информационной единицы «город издательства» методом перебора всех возможных городов, где могут располагаться издательства. Этот способ поиска города достаточно непроизводителен, на сравнение строки с каждым возможным городом тратится большое количество вычислительной мощности, однако другого возможного решения найдено не было. Обычно название литературного источника располагается слева от города, а название издательства (либо название периодического издания) – справа. Поэтому, используя город как разделитель строки, можно извлечь следующие информационные единицы: название литературного источника; название издательства; название периодического издания. Стоит заметить, что у периодического издания не должно быть города, поэтому разделителем строки там служит конструкция «//», которая является обязательной для описания периодических изданий. Соответственно, невозможно корректно выделить эти информационные единицы, если не указана конструкция «//». В примере приведена глобальная функция извлечения всех информационных единиц:

```
sub parseSource($)
{
  my ( $source ) = @_;
  $pagesCount = findPages($source);
  $pageDiapason = findPageDiapason($source);
  $year = findYear($source);
  my $magazineNumberArrayRef = findMagazineNumber($source);
  $magazineNumberStruct = $magazineNumberArrayRef->[0];
  $magazineNumber = $magazineNumberArrayRef->[1];
  my $magazineVolumeArrayRef = findMagazineVolume($source);
  $magazineVolumeStruct = $magazineVolumeArrayRef->[0];
  $magazineVolume = $magazineVolumeArrayRef->[1];
  @authors = findAuthors($source);
  my $cutedSource = prepareToPositionBasedCutting($source);
  my @cities = loadCities();
  $city = findCity(\@cities, $cutedSource);
  $name = findName($cutedSource);
  $magazineName = findMagazineName($cutedSource);
  $publisher = findPublisher($cutedSource);
  $composedString = Composer::Compose(
    $pagesCount, $pageDiapason, $year,
    $city, $name, $publisher, $magazineName,
    $magazineNumber, $magazineVolume, @authors);
  saveResult($source);
}
```

В конце этой функции происходит вызов модуля «Composer», который составляет из полученных информационных единиц корректный литературный источник, т.е. реализует третий этап работы программы.

Третий этап заключается в компоновке полученных результатов в готовое библиографическое описание. На этом этапе важно знать тип литературного источника, так как в зависимости от того, книга это либо периодическое издание, описание будет формироваться различными способами. Заключение о типе литературного источника делается на основании нахождения информационных единиц «количество страниц» и «диапазон страниц». Различные выводы делаются по причине того, что в библиографическом описании книги не должно быть диапазона страниц, а в описании статьи периодического издания этот параметр должен быть, но должна отсутствовать информационная единица «количество страниц».

На базе алгоритма было создано программное приложение, которое генерирует корректное библиографическое описание. Для реализации приложения был использован язык программирования Perl и технология ASP.NET. Интерфейс пользователя представляет собой веб-приложение, пользоваться которым можно через веб-браузер. Программа выводит скомпонованное библиографическое описание на web-форму, пример вывода представлен на рис. 2. Web-форма, реализованная на языке C#, отображает вывод, полученный самой программой, написанной на языке Perl, используя промежуточный файл.

Исходный литературный источник

1. Глушков В.М. Введение в кибернетику / Киев: изд-во АН УССР, 1964. - 324 с.

Скомпонованный источник

Глушков, В.М. Введение в кибернетику [Текст] / В.М. Глушков. - К.: изд-во АН УССР, 1964. - 324 с.

Compose

Book	Тип
Введение в кибернетику	Имя
Киев	Город
324	Количество страниц
изд-во АН УССР	Издатель
1964	Год

Рис. 2. Внешний вид web-приложения и вывод данных в web-форму

В качестве примера работы программы приведены скриншоты web-форм с результатами преобразования библиографических описаний с некорректной формой в стандартизированные. На рис. 3 приведен пример преобразования книги с авторством 3-х человек.

Исходный литературный источник

221. Емельянов В.В., Курейчик В.В., Курейчик В.М. Теория и практика эволюционного моделирования. К.: Физматлит, 2003. - 432 с.

Скомпонованный источник

Емельянов, В.В. Теория и практика эволюционного моделирования [Текст] / В.В. Емельянов, В.В. Курейчик, В.М. Курейчик. - К.: Физматлит, 2003. - 432 с.

Compose

Book	Тип
Теория и практика эволюционного моделирования	Имя
Киев	Город
432	Количество страниц
Физматлит	Издатель
2003	Год

Рис. 3. Преобразование описания книги с тремя авторами

Преобразование библиографических описаний, ссылающихся на периодические издания, приводит к другому результату. Пример такого преобразования статьи авторства 4-х человек приведен на рис. 4. Видно, что алгоритм одинаково работает со ссылками на источники как на русском языке, так и на украинском.

The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying 'localhost:22284/WebForm.aspx'. The page content is divided into two main sections:

Исходный литературный источник
 252. Филатов В.А., Танянский С.С., Чапланова Е.Б., Сизов А.И. Модель «сущность-связь» в задачах представления объектно-реляционных свойств предметной области // Международный научный журнал «Управляющие системы и машины» - Киев - 2011. № 3. - с. 73-78.

Скомпонованный источник
 Модель «сущность-связь» в задачах представления объектно-реляционных свойств предметной области [Текст] / В.А. Филатов, С.С. Танянский, Е.Б. Чапланова, А.И. Сизов // Международный научный журнал «Управляющие системы и машины». - 2011. - № 3. - с. 73-78.

Below these sections is a 'Compose' button and a form with the following fields:

Article	Тип
Модель «сущность-связь» в задачах представления об	Имя
Киев	Город
	Количество страниц
	Издатель
2011	Год

Рис. 4. Преобразование описания статьи с четырьмя авторами

Программа имеет недостатки, среди которых отсутствие поддержки множества языков. Поддержка ограничивается русским и украинскими языками. Это ограничение вызвано тем, что некоторые однозначно определённые информационные единицы могут иметь различные формы на различных языках. Методом решения этого недостатка является усовершенствование регулярных выражений, а также реализация дополнительных регулярных выражений, учитывающих языковые особенности. Трудности возникают также с определением информационной единицы «город» — для поддержки конкретного языка необходимо вводить дополнительную базу данных с перечнем всех городов, в которых есть издательства, причём для каждого поддерживаемого языка.

Другой недостаток связан с невозможностью сформировать корректное библиографическое описание при недостатке обязательных информационных единиц. Такая ситуация возможна в случае, если пользователь не указал всю информацию, либо когда программа не смогла определить необходимую информацию. Методом решения данной проблемы является интеграция приложения с поисковым роботом, который будет искать недостающую информацию в сети Интернет. В результате анализа существующих сервисов для поиска литературы был сделан вывод о том, что задача реализации поискового робота, который будет взаимодействовать с существующими сервисами, является достаточно сложной, поэтому не рассматривается в данной работе. Более простая задача — извлечение недостающей информации из базы данных библиографических описаний, но не было найдено ни одной такой существующей базы данных.

Ещё один недостаток — это невозможность определения всех информационных единиц. Причина кроется в больших вариациях возможных форм библиографических описаний. По этой же причине алгоритм может определить и обработать только два типа литературных источников — периодические издания и книги. Могут возникать неоднозначности при разборе входящей информации, например, при наличии фамилии и инициалов человека, в названии книги. В таком случае алгоритм определит человека, имя которого указано в названии книги, как одного из авторов.

Таким образом, программа имеет допустимые ошибки и не может обрабатывать некоторое количество библиографических описаний. Эти ошибки устранимы, однако это трудоёмкая работа.

Выводы

1. Предложен метод, который решает актуальную на данный момент проблему оформления библиографических описаний.

2. Актуальность данной работы обоснована тем, что составление библиографических описаний в соответствии с существующими стандартами оформления вызывает затруднения у многих соискателей в научной среде. Даже у людей с большим опытом составления описаний эта задача может занимать достаточно много времени. Разработанное в виде web-сервиса приложение предназначено для ускорения этого процесса.

3. Разработанная программа решает задачу автоматизации процесса формирования библиографических описаний согласно стандартам. Входными данными программы являются библиографические описания источников, которые не соответствуют стандартам, причём степень возможного несоответствия не должна быть слишком большой. Подразумевается, что люди, составляющие эти описания, приблизительно знакомы с общими правилами оформления. Выходными данными являются оформленные в соответствии со стандартами библиографические описания.

Список литературы: 1. *Гречихин А.А.* Общая библиография: Учебник. [Текст] / А.А. Гречихин. М.: МГУП, 2000. 588 с. 2. *Мельников С.В.* Perl для профессиональных программистов. Регулярные выражения [Текст] / С.В. Мельников. М.: Бином, 2007. 190 с. 3. *Смит Б.* Методы и алгоритмы вычислений на строках (regex) = Computing Patterns in Strings [Текст] / Б. Смит. М.: Вильямс, 2006. 496 с. 4. *Гойвертс Я.* Регулярные выражения. Сборник рецептов. [Текст] / Я. Гойвертс, С. Левитан. СПб: Символ-Плюс, 2010. 608 с. 5. *Ахо А.* Теория синтаксического анализа, перевода и компиляции. Синтаксический анализ [Текст] / А. Ахо, Дж. Ульман. М.: Мир, 1978. 524 с. 6. *Уолл Л.* Программирование на Perl [Текст] / Л. Уолл, Т. Кристиансен, Дж. Орвант. М.: O'Reilly, Символ, 2008. 1145 с. 7. *Уайтхэд П.* Perl: наглядный курс программирования [Текст] / П. Уайтхэд. М.: Диалектика, 2001. 280 с. 8. *Mcculloch W.S.* A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity [Text] / W.S. Mcculloch, W. Pitt // Mathematical biophysics. 1943. № 5. P. 115-132. 9. *Хопкрофт Дж.* Контекстно-свободные грамматики и языки [Текст] / Дж. Хопкрофт, Р. Мотвани, Д. Ульман. М.: «Вильямс», 2002. 528 с.

Поступила в редколлегию 20.04.2013

Плугин Антон Андреевич, студент 4 курса факультета компьютерных наук ХНУРЭ. Научные интересы: системы обработки естественно-языковой информации. Увлечения и хобби: велосипед, музыка. Адрес: Украина, 61093, Харьков, ул. Скорохода, 24, кв.52, конт. тел. 066 619 78 42.

Чалая Лариса Эрнестовна, канд. техн. наук, доцент кафедры ИИ ХНУРЭ. Научные интересы: системы и методы информационного поиска, обработка естественно-языковой информации. Адрес: Украина, 61140, Харьков, пр. Гагарина, 78, кв.48, тел. 050 636 06 03.

АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИИ, ОБУЧЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ КВАНТОВЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Обсуждается проблема построения и обучения квантовых нейронных сетей, проводится анализ преимуществ по сравнению с классическими нейронными сетями. Квантовое обучение открывает большие перспективы в области машинного интеллекта. В данный момент учеными рассматривается множество моделей квантовых нейронных сетей, но ни одна из них не стала стандартной.

1. Введение

Несомненно, что мозг человека работает более эффективно и принципиально другим образом, чем любая вычислительная машина, созданная человеком. Именно этот факт в течение многих лет побуждает и направляет работы ученых всего мира на создание и исследованию искусственных нейронных сетей (ИНС).

ИНС имеют некоторые привлекательные особенности: параллельность распределенной обработки, ошибкоустойчивость, способность обучаться и обобщать полученные знания. Под свойством обобщения понимается способность ИНС генерировать правильные выходы для входных сигналов, которые не были учтены в процессе обучения (тренировки). Эти два свойства делают ИНС системой переработки информации, которая решает сложные многомерные задачи, непосильные другим техникам. Тем не менее, ИНС также сталкиваются со многими трудностями: отсутствие правил для детерминированных оптимальных архитектур, ограниченная вместимость памяти, занимающая много времени на обучение, и т.д. [1].

Некоторая система может быть названа нейронной, если в ней удастся идентифицировать, по крайней мере, один нейрон. Нейронная система является квантовой, если она способна реализовывать квантовые вычисления. Квантовые нейронные сети (КНС) являются одним из подвидов нейронных сетей и представляют собой комбинацию классических нейронных сетей и квантовых вычислений.

Существуют две главные причины интереса к квантовым нейронным сетям. Одна связана с аргументами, что квантовые процессы могут играть важную роль в работе мозга. Например, Роджер Пенроуз привел различные доводы в пользу того, что только новая физика, которая должна объединить квантовую механику с общей теорией относительности, смогла бы описать такие явления, как понимание и сознание. Однако его подход адресован не к собственно нейронным сетям, а к внутриклеточным структурам, таким как микротрубочки. Другая причина связана с бурным ростом квантовых вычислений, основные идеи которых вполне могли бы быть перенесены на нейровычисления, что открыло бы для них новые возможности.

Что можно ожидать от квантовых нейронных сетей? В настоящее время они обладают следующими преимуществами [2-5]:

- экспоненциальная емкость памяти;
- лучшие характеристики при меньшем числе скрытых нейронов;
- быстрое обучение;
- устранение катастрофического забывания благодаря отсутствию интерференции образов;
- решение линейно-неразделимых проблем однослойной сетью;
- отсутствие соединений;
- высокая скорость обработки данных (10^{10} bits/s);
- миниатюрность (10^{11} нейронов/мм³);
- более высокая стабильность и надежность.

Эти потенциальные преимущества квантовых нейронных сетей мотивируют их разработку.

2. Принципы построения и основные элементы КНС

Существуют различные прототипы квантовых нейронных сетей. Некоторые из них очень схожи со своими классическими аналогами, в то время как другие используют квантовые операторы, которые не имеют классических эквивалентов, например, фазовые сдвиги. Различают широкий спектр различных структур КНС. Наиболее распространенными являются решетки и точки, а также стандартное прямое распространение.

Разные исследователи используют собственные аналогии для установления связи между квантовой механикой и искусственными нейронными сетями. Основные понятия этих двух областей приведены в таблице.

Не следует рассматривать пары концепций, находящихся в одной и той же строке таблицы, как аналогии - в действительности установление такой аналогии и является одной из главных задач теории квантовых нейронных сетей.

Классические нейронные сети		Квантовые нейронные сети	
Состояние нейрона	$x_j \in \{0,1\}$	Кубиты	$ x\rangle = a 0\rangle + b 1\rangle$
Связь	$\{w_{ij}\}_{ij=1}^{p-1}$	Запутанность	$ x_0 x_1 \dots x_{p-1}\rangle$
Обучающее правило	$\sum_{s=1}^p x_i^s x_j^s$	Суперпозиция состояний запутанности	$\sum_{s=1}^p a_s x_0^s \dots x_{p-1}^s\rangle$
Поиск победителя	$n = \max_i \arg(f_i)$	Интерференция как унитарное преобразование	$U : \Psi \rightarrow \Psi'$
Выходной Результат	N	Decoherence (измерение)	$\sum_s a_s x^s\rangle \rightarrow x^k\rangle$

Важно отметить, что эффективность использования нейронных сетей связана с массивной параллельной распределенной обработкой информации и нелинейностью преобразования векторов входов нейронами. Кроме того, квантовые системы обладают гораздо более мощным квантовым параллелизмом, выражающимся принципом суперпозиции [6].

Рассмотрим простую КНС со свойствами, которые облегчают ее моделирование и позволяют использовать квантовую физику. Первое свойство, которым должна обладать КНС, это всегда, когда возможно, использовать квантовые алгоритмы. Второе свойство позволяет не проводить фантастических измерений, которые в данный момент непрактичны. Еще одно полезное свойство, связанное с первыми двумя – это способность измерения веса каждого нейрона КНС. В конечном итоге у нас будет возможность моделировать КНС среднего размера с разумной точностью и за разумное время. Еще одним полезным свойством является возможность передачи обучения КНС в классическую систему.

КНС работает также как и классическая ИНС, которая состоит из нескольких слоев персептронов – входной слой, 1 или несколько скрытых слоев и выходной слой. Каждый слой полностью связан с предыдущим слоем. Каждый скрытый слой вычисляет взвешенную сумму выходов предыдущего слоя. Если эта сумма превышает пороговое значение, узел переходит выше, иначе он остается ниже. Выходной слой делает то же самое, что и скрытые слои, кроме проверки точности. Сеть в целом вычисляет функцию путем проверки максимального выходного бита. Но нет проверки, чтобы убедиться, что только один выход максимальный.

Определение принципа работы квантового нейрона можно дать следующим образом: он получает входные сигналы (исходные данные либо выходные сигналы других нейронов КНС) через несколько входных каналов. Каждый входной сигнал проходит через соединение, имеющее определенную интенсивность (или вес); этот вес соответствует синаптической активности нейрона. С каждым нейроном связано определенное пороговое значение. Вычисляется взвешенная сумма входов, из нее вычитается пороговое значение и в результате получается величина активации нейрона (она также называется пост-синаптическим потенциалом нейрона - PSP).

Сигнал активации преобразуется с помощью функции активации и в результате получается выходной сигнал нейрона (рис. 1).

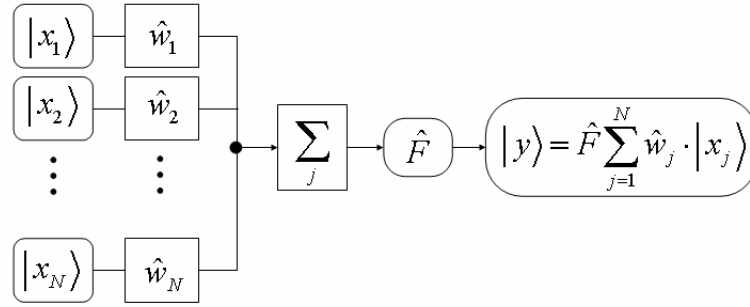


Рис 1. Математическая модель квантового нейрона

Математическая модель квантового нейрона $|y\rangle = \hat{F} \sum_{j=1}^N \hat{w}_j |x_j\rangle$, где $\hat{w}_j$ – это матрицы 2×2 , действующие на основе $\{|0\rangle, |1\rangle\}$; $\hat{F}$ – оператор, который может осуществлять работу сети квантовых ячеек.

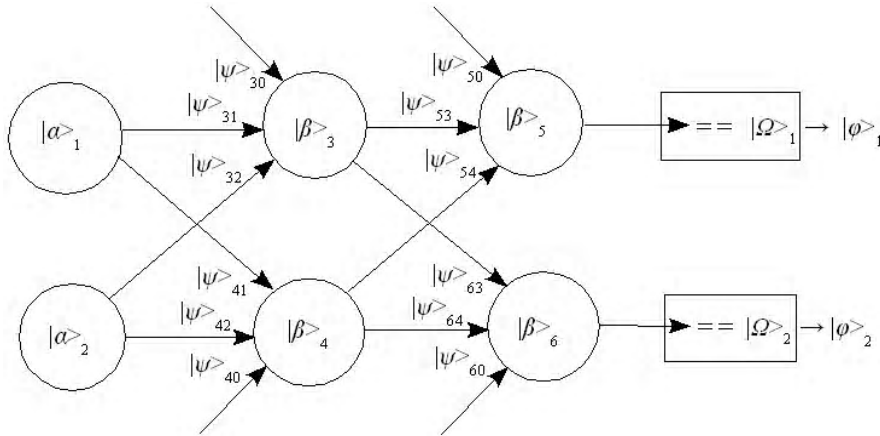


Рис. 2. КНС для вычисления XOR функции

КНС, представленная на рис. 2, является примером такой сети, чтобы с достаточной сложностью вычислить функцию XOR. Каждый вход в этом примере является битом, к тому же большое количество битов может использоваться для каждого входного регистра. Каждый входной узел i представлен регистром $|\alpha\rangle_i$. Два скрытых узла вычисляют взвешенную сумму входов $|\psi\rangle_{i1}$ и $|\psi\rangle_{i2}$ и сравнивают ее с пороговым значением $|\psi\rangle_{i0}$. Если взвешенная сумма больше порогового значения, то узел идет выше. $|\beta\rangle_k$ представляет внутренние вычисления, которые происходят в каждом узле. Выходной слой работает аналогично, берет взвешенную сумму скрытых узлов и сверяет с пороговым значением. Потом КНС проверяет каждый вычисленный выход и сравнивает с целевым выходом $|\Omega\rangle_j$, отправляя $|\phi\rangle_j$ выше, если они равны. Производительность сети обозначается как $|\rho\rangle$, которая является количеством вычисленных выходов, эквивалентным их соответствующим целевым выходам.

3. Использование квантового поиска для обучения КНС

Рассматриваемая сеть работает следующим образом на обучающей выборке. В нашем примере сеть имеет два входных параметра; таким образом, все n обучающих примеров будут иметь два входных регистра. Они представлены как $|\alpha\rangle_{11}$ до $|\alpha\rangle_{n2}$. Целевые

ответы хранятся в регистрах $|\Omega\rangle_{11}$ до $|\Omega\rangle_{n2}$. Каждый скрытый или выходной узел имеет вектор веса $|\Psi\rangle_i$, каждый вектор содержит веса для каждого из входов. После классифицирования обучающего примера регистры $|\Psi\rangle_1$ и $|\Psi\rangle_2$ отражают способность сети классифицировать его. В качестве простого измерения производительности мы увеличиваем $|\rho\rangle$ на сумму всех $|\Phi\rangle_i$. Когда все обучающие примеры классифицированы, $|\rho\rangle$ будет суммой выходных узлов с правильными ответами в соответствии с обучающей выборкой, и значение будет от нуля до произведения количества обучающих примеров на количество выходных узлов (рис. 3).

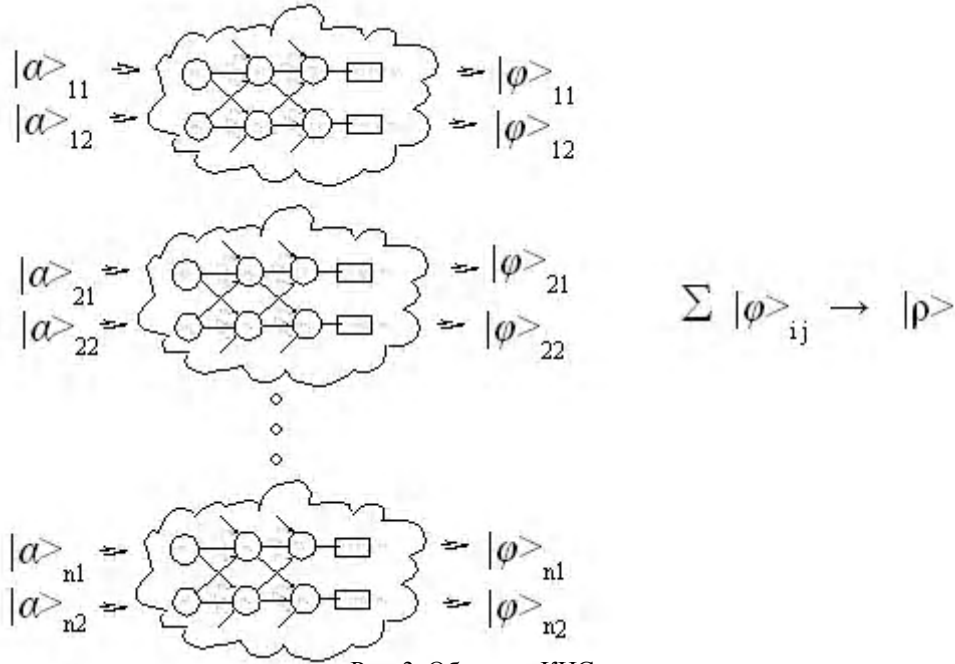


Рис. 3. Обучение КНС

Одна из возможностей для обучения такой сети – поиск среди всех возможных весовых векторов такого, который не противоречит (согласуется) обучающим данным. Мы хотим найти решение, классифицирующее все обучающие примеры корректно; другими словами, чтобы $|\rho\rangle = n * m$, где n – количество обучающих примеров, а m – количество выходных узлов. Так как неизвестно, какое количество весовых векторов справится с этим, будем использовать обобщение оригинального алгоритма поиска [7], предназначенного для проблем, когда количество решений t неизвестно. Основная идея заключается в описании $|\Psi\rangle$, как суперпозиции всех возможных весовых векторов, и поиска такого, который классифицирует все обучающие примеры корректно.

Все другие регистры ($|\beta\rangle, |\phi\rangle, |\rho\rangle$), кроме входных и целевых выходов, инициализируются состоянием $|0\rangle$. Далее мы классифицируем каждый обучающий пример, обновляя регистр производительности $|\rho\rangle$. С помощью суперпозиции мы классифицируем обучающий пример с учетом каждого возможного весового вектора одновременно. Каждый весовой вектор теперь запутан с $|\rho\rangle$ таким образом, что $|\rho\rangle$ согласовывается с тем, как успешно каждый весовой вектор классифицирует все обучающие данные. В этом случае получается $|\rho\rangle = n * m$, что соответствует искомому весовому вектору, который правильно классифицирует всю выборку.

Однако существуют как минимум две сомнительные позиции в этом алгоритме. Во-первых, не все обучающие выборки будут иметь какое-то решение сети, которое сможет правильно классифицировать все обучающие примеры. Также возможно, что даже когда

решение существует, оно неподходящее, потому что чрезмерно отклоняется от обучающей выборки. Во-вторых, количество требуемого времени для поиска вектора, который правильно классифицирует обучающие выборки, равно, и имеет экспоненциальную сложность с учетом количества битов в весовом векторе, $O(\sqrt{2^b/t})$.

Один из способов справиться с первой проблемой – искать вектор, до тех пор пока не найдем решение, которое удовлетворяет допустимый процент ρ обучающей выборки.

4. Результаты и выводы

Проблема XOR – хорошая проблема для простых нейронных сетей, потому что требуется по крайней мере два уровня, для того чтобы просто увидеть, что происходит. Каждый из выходных и скрытых узлов является граничным с тремя весами: один для каждого из его входов и один для границы. Так как мы требуем отрицательных, а также положительных чисел и нуля, используем 2 кубита для каждого веса.

Создана КНС с четырьмя входными узлами, тремя скрытыми и тремя выходными узлами. Так как на входе – вещественные числа, то мы использовали безграничные скрытые узлы и затем граничные выходы. Весами были все 2 целочисленных кубита, как в проблеме XOR. После среднего числа 74 эпох рандомный алгоритм поиска смог достигнуть 95%-й точности на обучающем наборе данных.

Класс задач, которые можно решить с помощью КНС, определяется тем, как сеть работает, и тем, как она обучается. При работе КНС принимает значения входных переменных и выдает значения выходных переменных. Таким образом, сеть можно применять в ситуации, когда имеется определенная известная информация и нужно из нее получить некоторую пока не известную информацию.

Вот некоторые примеры таких задач:

- распознавание образов и классификация;
- принятие решений и управление;
- кластеризация;
- прогнозирование;
- аппроксимация.

Список литературы: 1. *Li Fei*. Learning algorithm for quantum neuron. Signal Processing, 2004. Proceedings. ICSP '04. 2004 7th International Conference on (Volume:2) / Li Fei, DONG Xiaoliang, ZHAO Shengmei, ZHENG Baoyu A. pp. 1538-1541. 2. *Ventura, D.* Quantum associative memory with exponential capacity, Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks / Ventura, D. Martinez, T. P.509-513, 1998. 3. *Cutting, D.* Would quantum neural networks be subject to the decidability constraints of the Church-Turing thesis? Neural Network World, N.1-2. P.163-168, 1999. 4. *Menneer, T. and Narayanan, A.* Quantum-inspired neural networks. Technical report R329, Department of Computer Science, University of Exeter, UK, 1995. 5. *Behrman, E.C., Steck, J.E., and Skinner, S.R.* A spatial quantum neural computer., Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks, to appear, 1999. 6. *Ivancevic V. G.* Quantum neural computation / Ivancevic V. G., Ivancevic T.T. Tokyo: Springer - Verlag. 2009. 7. *Michel Boyer, Gilles Brassard, Peter Hoyer, and Alain Tapp.* Tight bounds on quantum searching // In *Proceedings of the Fourth Workshop on Physics and Computation*. 1996. P. 36–43.

Поступила в редколлегию 14.04.2014

Булавин Дмитрий Алексеевич, канд. техн. наук, доцент кафедры теоретической и прикладной системотехники ХНУ имени В. Н. Каразина. Научные интересы: искусственный интеллект, теория принятия решений. Увлечения: футбол, музыка. Адрес: Украина, 61166, Харьков, ул. Ленина, 3, кв. 20, тел. 702-30-79, e-mail: d.bulavin@karazin.ua.

**ВИВЧЕННЯ ХАРАКТЕРУ ВЗАЄМОДІЇ ТИПУ ТОЧКА-ТОЧКА ДЛЯ
КЛАСИФІКАЦІЇ МЕРЕЖЕВОГО ТРАФІКУ**

Розглядаються виміри мережевого трафіка типу P2P (точка-точка) для застосунків глобальної мережі Інтернет. Порівнюються три методи для класифікації P2P-додатків: на основі класифікації портів, на рівні підписів застосунків і на основі аналізу транспортного рівня. Використовується мережевий трафік, зібраний в мережі оператора зв'язку на протязі двох місяців. Наводяться дані, які свідчать про переваги методу аналізу транспортного рівня та можливість його застосування на високошвидкісних каналах мережевих з'єднань.

Вступ

Нещодавні дослідження в області вивчення та вимірів трафіка показали, що P2P застосування генерують значний Інтернет-трафік. Розуміння профілю трафіка Інтернет важливо з декількох причин, включаючи управління його потоком, встановлення цінової політики доступу до мережі та планування ємності каналів зв'язку між провайдерами послуг. Інтернет-потоки можуть неправильно керуватись, якщо вони не виміряні точно та не класифіковані.

Вимірювання P2P трафіка особливо важливо для Інтернет сервіс-провайдерів (ISP) з декількох причин. По-перше, більшість застосувань виділяються своєю агресивною поведінкою щодо вимог до полоси пропускання. Надмірне перевантаження мережі може спричинити невдоволеність користувачів й можливий подальший їх відток. По-друге, збільшення пропускної спроможності каналів передачі даних не завжди є можливим в короткостроковій перспективі. Застосування в подальшому можуть заволодіти щойно наданою додатковою пропускною спроможністю, призвівши знову до перевантаження мережі. По-третє, деякі технології доступу до мережі Інтернет, зокрема, по бездротовій технології мають асиметрію каналів завантаження та відправки даних, тож необхідно контролювати двосторонній обмін, зважаючи на наявність сесій від користувачів. Припущення, що користувач Інтернету завжди завантажує більше інформації, ніж передає, справедливе лише для WEB. Для P2P мереж може статися так, що обсяг відправлених даних буде таким же, як і прийнятих. Якщо основним видом взаємодії в сучасних мережах стане P2P обмін, то припущення щодо асиметричності каналу зв'язку може стати хибним. ISP можуть формувати правила управління трафіком, опираючись на розуміння P2P трафіка.

При розрахунках можуть бути використані різні методи диференціювання способів оплати. Іншим підходом може бути використання сервіс-провайдером кеш-серверів для збереження пропускної здатності основних каналів. Для проведення оцінок щодо вибору тієї чи іншої моделі класифікації трафіка стає необхідним винайдення методів детектування P2P взаємодії. Однак існує ще одна важлива проблема, яка стосується розповсюдження контенту, захищеного авторськими правами, - такий тип взаємодії не підпадає під можливість збереження на стороні провайдера та його відвантаження користувачам на загальних засадах. Ідентифікація P2P трафіка сучасної мережі Інтернет є проблемою, оскільки застосування розвиваються швидкими темпами. Багато застосувань намагаються приховувати своє існування в мережі, використовуючи динамічні номери портів, різну кількість транспортних з'єднань, ланцюжковий обмін файлами, маскування під HTTP трафік та шифрування навантаження. Цей документ приводить огляд різних методів класифікації трафіка та аналіз їх ефективності на основі розповсюджених типів трафіка.

Аналіз на основі добре відомих номерів портів, які визначаються інститутом IANA (Internet Assigned Numbers Authority), не підходить для P2P застосувань внаслідок використання динамічного діапазону портів. Особливістю даної роботи є застосування масива трафіку за досить довгий період часу для підтвердження ефективності використаного методу класифікації. Результати показали, що використання класифікації за номером порту є неефективним для класифікації P2P трафіка: 40-70% Інтернет-трафіка класифікується як

невідомий. Модифікований метод транспортного аналізу був також розглянутий та перевірений. Висновки показали, що його практичність щодо виділення P2P взаємодії застосовувань знаходиться на достатньому для точної оцінки рівні. В даному дослідженні описується підґрунтя взаємодії P2P застосовувань та короткий огляд виконаної роботи.

1. Постановка проблеми

P2P додатки розвиваються дуже швидкими темпами. Протягом декількох років P2P додатки еволюціонували від першого до третього покоління. Однією з причин швидкого розвитку цих додатків було бажання уникнути їх виявлення.

Дослідження розглядаються на рівні пакетів, зібраних на транспортному каналі одного з провайдерів послуг Інтернет. Перший відбиток містить 44 байти кожного пакета TCP, що містить 0 або 4 байти корисного навантаження, в той час як решта містять 16 байт корисного навантаження для кожного пакета. Аналіз пакетів транспортного рівня спирається передусім на два основних підхода евристики. Перший підхід ідентифікує джерело призначення IP заголовка, яке одночасно використовують протоколи TCP і UDP. Якщо такі пари IP існують і вони не використовують конкретні добре відомі порти, то ці потоки вважаються P2P. Другий підхід евристичного аналізу вважає, що існує структурна модель транспортного шару з'єднань між хостами. Зокрема, для P2P додатків число різних портів, підключених до хост-системи, часто збігається з числом різних вузлів IP, підключених до нього.

2. Огляд методів класифікації

Перше покоління [1] P2P систем складалося з централізованої системи, такої як Napster. Централізований сервер був використаний для зберігання індексних файлів, що дозволяло досить легко його відстежувати та давало можливість заблокувати сервер. Крім того, P2P додатки використовували відомі порти для передачі даних, так що це було легко для операторів мереж, які користувались цим для визначення P2P трафіка і, як результат, блокували відповідні порти, щоб перешкодити P2P взаємодії.

Друге покоління [2] P2P системи включає в себе протоколи, такі як Gnutella [4]. Gnutella була повністю розподіленою системою, де були розповсюджені запити до сусідів. Додатки використовували динамічно встановлені порти для передачі даних, що утрудняло класифікацію трафіка P2P.

Третє покоління [1] P2P систем є досить складним. Це гібридні системи, які об'єднують ідеї від централізованих і розподілених систем. Існують супер-нод, які мають більшу обчислювальну здатність, ніж інші партнери взаємодії, і несуть відповідальність за обробку індексних файлів для користувачів. Вони часто передають дані, використовуючи випадково вибрані порти. Іноді вони маскують їх, використовуючи порти інших відомих додатків. Крім того, один великий файл можна завантажити одночасно в дрібних шматках з декількох інших місць. Крім того, декілька протоколів, наприклад FastTrack, почали шифрування на прикладному рівні даних в пакетах. Ці методи роблять важчим виявлення P2P трафіка. В роботі [7] розроблено підхід для знаходження P2P-трафіка шляхом застосування методу підписів. Вивчено наявні описи та на рівні пакетів відслідковано виявлення додатків за допомогою цих підписів, а потім використано їх для розробки фільтрів, які можуть відстежувати трафік P2P на високошвидкісних мережних з'єднаннях. Їх дослідження аналізує IP пакети у фазі завантаження та передачі файлів. Вони розкладають P2P підписи в основний шаблон, що відповідає фіксованому зсуву в межах корисного навантаження TCP [7]. В дослідженнях для експериментів використовувалися два пакети з мережі з різних точок спостереження. Перший відбиток пакетів було зібрано при доступі до мережі протягом двох днів. Другий експеримент був виконаний на високошвидкому з'єднанні з 500 користувачами мережі Інтернет. Використовуючи перший відбиток, вдалось класифікувати та заблокувати P2P взаємодію. Автори оцінювали точність і масштабованість техніки на рівні підпису додатків. Точність була оцінена шляхом визначення числа помилкових спрацьовувань і залишання трафіка некласифікованим. Помилкові спрацьовування визначали об'єм трафіку що класифікатор помилково ідентифікував як P2P. Обсяг некласифікованих даних виміряли як кількість P2P трафіка, який класифікатор не зміг визначити як P2P додаток, знаючи, що це саме він. Результати показують, що запропонована техніка має менше 5%

помилкових спрацьовувань, що техніка залишається точною більшу частину часу. Важливою особливістю є те, що техніка є масштабованою залежно від кількості пакетів, які перевіряються.

В дослідженні [8] запропонована методика визначення додатків за допомогою автоматичних підписів з використанням навчальних алгоритмів. Частота помилок показала, що відносна похибка може скласти не більше 1%.

Новий підхід до визначення P2P потоків на транспортному рівні (наприклад, на основі шаблонів з'єднання), не покладаючись на пакет корисного навантаження, описано у [5].

3. Структура набору перехоплених даних

Основний набір даних, використовуваних в дослідженні, приходить від пасивного мережевого трафіка провайдера Інтернет послуг мережі мобільного зв'язку. Збір даних був організований за допомогою відображення трафіка з агрегаційного порту доступу головного маршрутизатора компанії CDMA Україна. Станція моніторингу була підключена до порту 1 GigabitEthernet. Апаратне забезпечення станції моніторингу складається з двох процесорів сервера Dell (2,4 ГГц процесор Pentium IV) з 4 Гб оперативної пам'яті і масиву 73 Гб SCSI дисків в RAID1. Схема підключення зображена на рис. 1.

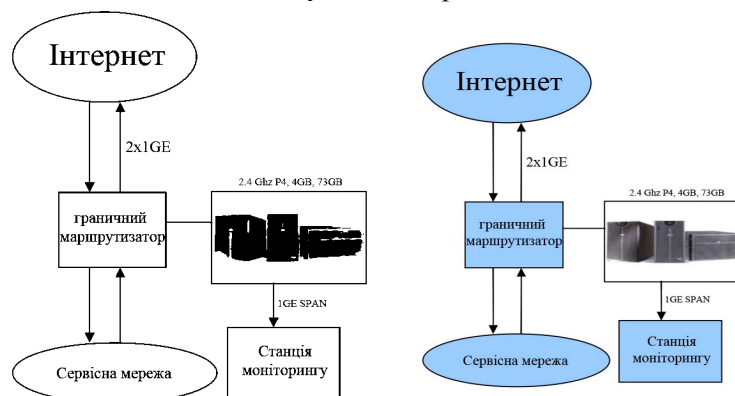


Рис. 1. Схема комплексу перехоплення даних

Для збору статистики використовувалася UNIX-утиліта tcpdump [2] для даних IP пакетів. В файл журналу записувалися заголовки всіх TCP / IP пакетів з SYN, FIN, RST або прапорами. Ці заголовки записувалися в файл, який кожну годину архівувався, та починався запис до нового файлу, створюючи таким чином 24 файли за кожен день моніторингу. Ці файли потім було проаналізовано за допомогою інструментів аналізу. Програму підрахунку статистичних даних оцінок методів класифікації було виконано мовою С. Оскільки аналіз файлів заголовків проводився після їх архівування та не вимагав високої швидкості, утиліта реалізована без застосування багатопотоковості.

Запис тільки TCP SYN, FIN, RST пакетів є добре відомим способом і обґрунтовується так. По-перше, TCP – домінуючий протокол транспортного рівня в мережі Інтернет для більшості часу. Спираючись на дослідження бачимо, що більше 70% Інтернет трафіку [3] підпадає під це твердження. По-друге, цей метод значно зменшує вимоги до зберігання файлів журналів, що дозволяє проводити довгострокові дослідження трафіка, і в той же час охоплювати більші масиви даних на рівні аналізу з'єднання [6].

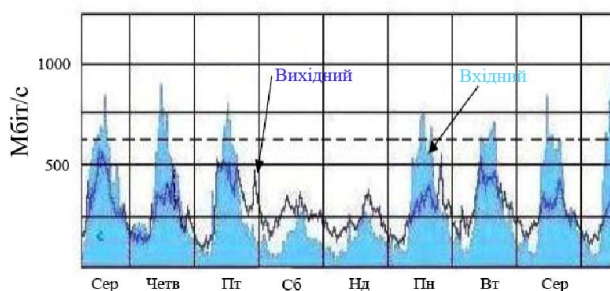


Рис. 2. Обсяги мережевого трафіка

Сукупні обсяги мережевого трафіка за один тиждень представлені на рис. 2.

Підрахунок обсягу трафіка визначається з аналізу прапорців TCP на рівні протоколу шляхом початку з'єднання (SYN) та порядковими номерами до припинення передачі (FIN). З кількості даних може бути визначена середня швидкість передачі.

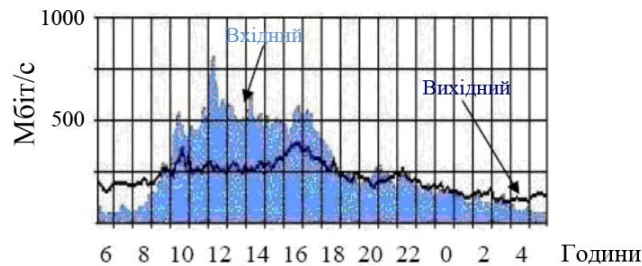


Рис. 3. Усереднені значення трафіка

На рис. 3 показано мережеву активність для типового дня у 24-годинному періоді.

Вхідний і вихідний трафіки нанесено окремо. Кожна точка являє собою середню швидкість передачі даних для 5-хвилинного інтервалу. Горизонтальна вісь показує кількість годин, починаючи з півночі (0 год.). Інструментом для аналізу на основі номера порту була утиліта, розроблена на мові програмування С. Програма перебирає всі пакети по черзі і створює їх масив у таблиці. Для кожного пакета загальна кількість їх збільшується на 1, а загальна кількість байт – на довжину IP пакета. У заголовку IP розглядається номер протоколу; якщо його номер дорівнює 6 (TCP), то розглядається TCP заголовок пакета. З TCP заголовка витягується номер портів, і пакет відповідно класифікується. Відомі TCP порти жорстко задані в інструменті аналізу і засновані на номерах портів, визначених на веб-сайті IANA.

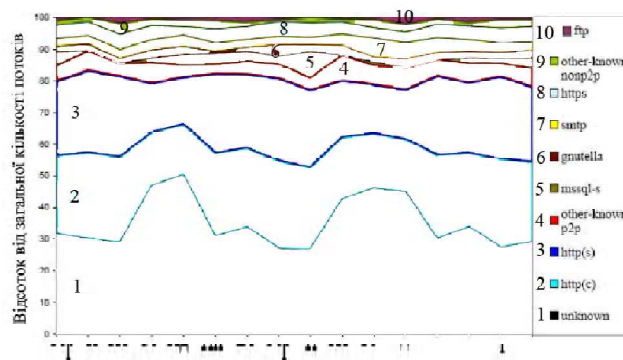


Рис. 4. Типи трафіка

Жирною чорною лінією на рис. 4 показано «невідомі» типи трафіка: трафік, який не може бути класифікований в будь-якому відомому додатку на основі аналізу портів. Невідомий трафік складає значну частину від загального об'єму трафіка, тож можна зробити висновок, що класифікація на основі номера порту не дозволяє визначити переважну більшість P2P застосувань. Слід зазначити, що його ріст припадає на вихідні дні, тому можна вважати, що він не має відношення до робочого процесу користувачів.

На рис. 5 показані результати класифікації по номерах портів для одного тижня, розрахунки виконані з охопленням всього інтервалу дослідження. Горизонтальна вісь графіка представляє час, а по вертикальній осі відображено відсоток потоків TCP для деяких популярних додатків, таких як веб, електронна пошта і P2P. Кожна точка являє щоденне середнє від 24 файлів журналів трасування.

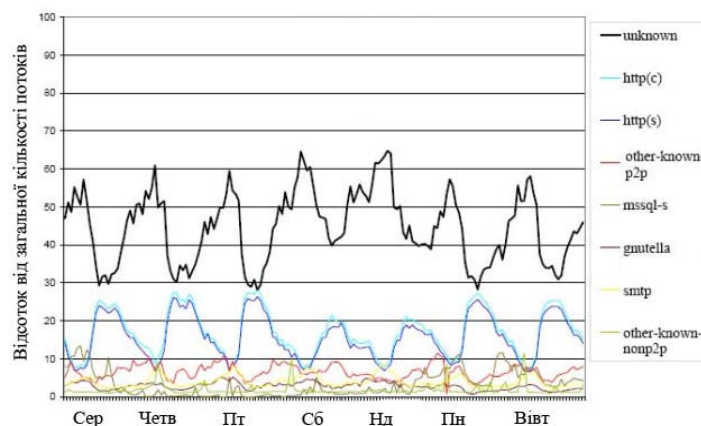


Рис. 5. Класифікація потоків даних мережі

Відомим мережевим додатком на рис. 5 є HTTP. Його захищений аналог теж не відстає, графік показує, що в середньому потік HTTP та HTTPS трафіка коливався між 35-55% від загального обсягу трафіка. Це домінуючий тип трафіка для сучасних мобільних мереж.

4. Методи визначення характерних підписів застосунків

Розглянемо метод класифікації на основі підпису на рівні застосунків та вказуються його недоліки в порівнянні з методом аналізу транспортного рівня. Цей підхід може бути використаний для створення інструмента для класифікації трафіка іншими методами. Окремі бітові поля та ланцюжки з повним корисним навантаженням пакета використовуються для тестування і перевірки підпису. На рівні додатків сигнатурний метод вимагає доступу до корисного навантаження даних користувача у переданих IP пакетах.

Кожен P2P додаток має конкретні характеристики підпису, особливі тільки для нього, які пов'язані з протоколом з точки зору ключових слів, команд, параметрів та інших ідентифікованих обмінів пакетами. Підписи можуть бути визначені на основі спостережень відомих P2P додатків. Схема аналізу передбачає пошук зазначеного рядка в корисному навантаженні пакета, якщо він знайдений, пакет відповідно класифікується. У даній роботі сигнатурний метод був реалізований для трьох додатків P2P протоколів спільного використання файлів: Gnutella, Skype і BitTorrent. Запропоноване рішення описане в роботах по евристиці [8]. У цьому методі розглянемо доступні описи та на рівні IP пакетів визначимо належні підписи додатків, а потім використаємо ці підписи для класифікації пакетів. Є два важливих питання, пов'язаних з дизайном рішення для використання його для підпису. По-перше, P2P трафік може проходити через UDP і TCP, тому необхідно вирішити, чи будуть TCP пакети або UDP пакети (або обидва) піддаватися аналізу корисного навантаження. Оскільки більшість поточних протоколів P2P передають свої дані через TCP, ми орієнтуємося тільки на підписи, визнані для трафіка TCP. По-друге, P2P підписи на рівні додатків можуть бути застосовані до окремих TCP пакетів (сегментів) або до повністю зібраних TCP потоків даних. Аналіз на рівні TCP потоку даних є більш надійним, його перевага в тому, що він може виявити підписи, розташовані вздовж потоку пакетів. Крім того, відношення відповідності необхідно виконати тільки один раз в момент активації сесії, а не кожного разу, коли передається пакет, зменшуючи накладні витрати при аналізі. Ми виконуємо форму аналізу на основі потоку, тому TCP сегменти мають бути зібрані в потоки даних, перш ніж бути проаналізованими. Отже, ми застосовуємо підпис TCP даних потоків, а не окремих сегментів TCP, на відміну від методу описаного в [8].

Метою методу підписів застосунків є бажання встановити відповідність для P2P класифікації трафіка. Класифікація результатів, які узгоджуються (або є дуже близькими) з результатом, визначається з ручного аналізу пакетів для наперед визначеного списку потоків додатків. Тестування і перевірка методом підписів була зроблена з використанням окремого масиву даних перехоплених пакетів, які містили корисне навантаження. Тестування проводилося для протоколу BitTorrent, потік даних якого був створений синтетично та з відомих IP-адрес. Під створеним синтетично мається на увазі завчасно відомий зі 100%

імовірністю потік даних, який однозначно існував між відомими IP-адресами, тобто це просто клієнти, які в даний момент використовували ПЗ BitTorrent.

В роботі Карагіаніса[4] запропоновано новий метод визначення P2P трафіка, заснований на транспортному рівні з'єднання. Метод не вимагає корисного навантаження для аналізу, який відбувається на основі потоку з орієнтацією на процес з'єднання моделі P2P додатків. Хоча P2P з'єднання можуть використовувати випадкові порти або шифрування даних на рівні додатків, логіка підключення на транспортному рівні залишається такою ж. Метод аналізу транспортного рівня ґрунтується на двох евристичних підходах для P2P ідентифікації трафіка. Ці підходи є ефективними у вимірюванні сукупного P2P трафіка і вони можуть навіть виявляти нові типи P2P додатків[9]. Перший включає в себе евристичні припущення одночасного використання протоколів TCP і UDP парою взаємодіючих вузлів. Якщо пара вузлів використовує протоколи TCP і UDP одночасно, то, швидше за все, трафік їх обміну має характер P2P. UDP протокол є поширеним в P2P системах, оскільки він вимагає менше витрат у способі відправки запитів або статусних повідомлень багатьом отримувачам. Є деякі програми, такі як онлайн-ігри, DNS і NFS сервіси, які демонструють подібну поведінку, але це відомий трафік, який можна видалити з розгляду, використовуючи контрольний перелік для відомих портів. Друга евристика заснована на зв'язку шаблонів {IP, порт} пар.

Це пояснюється тим, що кожне застосування P2P визначає свій динамічний номер порту випадковим шляхом, дуже малоімовірно для декількох хостів P2P використовувати той же номер порту. Виражаючись іншими словами, для P2P додатків на даній машині число різних портів відповідає зв'язку, різних наборів адрес IP спілкування.

Незважаючи на те, що метод аналізу на транспортному рівні виглядає багатообіцяючим, існує декілька обмежень та застережень, необхідно мати на увазі. Одним з обмежень є те, що при маскуванні портів асоціація не може бути виявлена. Метод аналізу транспортного рівня використовує перелік стандартних портів для фільтрації відомих типів трафіка. Якщо трафік P2P займає порт, який призначений різним додаткам (наприклад, SMTP на порт 25), ці потоки не можуть бути класифіковані як P2P. Друге обмеження полягає в тому, що пара IP порт для евристичного аналізу є неефективною у тривіальному випадку, коли IP хоста зв'язку з іншим хостом відбувається на один порт. Багато мережевих додатків P2P і не тільки вони притримуються цієї моделі на рівні з'єднань. Інші методи евристики можуть знадобитися для видалення помилкових негативних спрацювань.

Слід зазначити, що P2P додатки продовжують розвиватися. Запропонований метод аналізу транспортного рівня був ефективним у недавньому минулому і може бути ефективним сьогодні, однак не можна гарантувати його ефективність для наступних поколінь P2P додатків. Можуть знадобитися інші методи класифікації трафіка. Наприклад, на початку роботи Сєну та Ермана[5] метод аналізу на основі кластерів виглядає багатообіцяючим.

Висновки

Описано класифікацію трафіка взаємодії Peer-to-Peer (P2P) додатків. Точне визначення P2P трафіка є бажаним з декількох причин, в тому числі і для заходів планування пропускної здатності мережі. Кількість P2P додатків у мережі Інтернет розвивається дуже швидко, що робить завдання ідентифікації P2P трафіка складним процесом. Порівняно три методи для класифікації P2P застосувань: на основі аналізу портів, на рівні підписів застосунків і на основі аналізу транспортного рівня з використанням евристичних підходів. У дослідженні застосовувався трафік реальної мережі Інтернет який збирався протягом двох місяців. Результати показали, що класичні методи аналізу на основі номерів портів є неефективними. За останні декілька років частка «невідомого» трафіка збільшилася з 10-30% до майже 60%. Цей результат дає мотивацію для розвитку інших методів класифікації трафіка P2P. У той час як метод перевірки на рівні підписів застосунків є точнішим, ця техніка вимагає розгляду корисного навантаження користувача, що є не завжди можливо. Крім того, шифрування може бути неефективним для методу аналізу на основі підпису застосунків.

Евристика на транспортному рівні представляє новий метод, який класифікує трафік P2P на основі рівня моделей з'єднань (метод аналізу транспортного рівня). Результати показують, що метод аналізу транспортного рівня може надати корисну інформацію про сукупні обсяги P2P трафіка. Оскільки P2P додатки продовжують розвиватися, нові труднощі будуть виникати для задач класифікації P2P трафіка. Так, традиційні методи на основі

аналізу портів у даний час застаріли і класифікація на рівні підписів застосунків не завжди є можливою, тому метод аналізу транспортного рівня є одним з найбільш доступних підходів до класифікації P2P трафіка. Швидше за все, навіть кращі методи будуть необхідні в найближчому майбутньому. В рамках проведення дослідження було встановлено можливі шляхи покращення алгоритму роботи програми класифікатора, такі як створення додаткових потоків, що теоретично підвищить його швидкодію та дозволить проводити аналіз трафіка в режимі реального часу.

Список літератури: 1. *Gummadi K., Dunn R., Saroiu S., Gribble S., Levy H. and Zahorjan J.* Measurement, Modeling, and Analysis of a Peer-to-Peer File Sharing Workload, Proceedings of the 10th ACM Symposium on Operating Systems Principles (SOSP-10) 2007. NY, USA, October 2007. P. 314-310. 2. *Haffner P., Sen S., Spatscheck O., and Wang D.* ACAS: Automated Construction of Application Signatures, ACM SIGCOMM Workshop on Network Data (MineNet 2005). Philadelphia, PA, USA, August, 2005. P. 107-202. 3. *Internet Assigned Numbers Authority*, TCP/UDP Port Numbers. <http://www.iana.org/assignments/port-numbers>, 2005. 4. *Karagiannis T., Broido A., Faloutsos M., and Klaffy K.* Transport Layer Identification of P2P Traffic, Proceedings of the 4th ACM SIGCOMM Conference on Internet Measurement (IMC 2010). Italy, October 2010. P. 121-134. 5. *Sen S., Spatscheck O. and Wang D.* Accurate, Scalable In-Network Identification of P2P Traffic using Application Signatures, Proceedings of the 13th International World Wide Web Conference. NY, USA, May 2011. P. 512-521. 6. *Chan M. C., Ramjee R.* Improving TCP/IP Performance, IEEE INFOCOM, 2004. 7. *Ludwig R. and Katz R. H.* The Eifel Algorithm: Making TCP Robust Against Spurious Retransmissions, ACM Computer, no. 1. January 2000. P 30-36. 8. *Ludwig R. and Meyer M.* The Eifel Detection Algorithm for TCP, IETF RFC3522, 2003. 9. *Matthew Gast I.* IP Networks: The Definitive Guide, Second Edition//O'Reilly Media; 2 edition. 2007. P. 297 – 302.

Надійшла до редколегії 12.06.2013

Дєєв Костянтин Сергійович, інженер МТС Україна, аспірант радіофізичного факультету Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Адреса: Україна, Київ, просп. Перемоги, 49/2, E-mail: kostic@dinet.co.