

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Московский государственный технический университет
им. Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Калужский филиал МГТУ имени Н. Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»

НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРИБОРО - И МАШИНОСТРОЕНИИ И РАЗВИТИЕ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ВУЗЕ

**Материалы
Региональной научно-технической конференции**

Том 4



УДК 378:001.891
ББК 74.58:72
НЗ4

Руководитель конференции:

С.А. Кусачева (председатель совета по НИР студентов и аспирантов)

Руководители направлений:

А.И. Пономарев (ф-т КМК), *Ю.С. Белов* (ф-т ФНК), *М.Ю. Адкин* (ф-т ЭИУК),
А.Г. Вяткин (ф-т МТК), *О.А. Артеменко* (ф-т СЭК)

Руководители секций:

Е.Н. Малышев, Г.В. Орлик, В.В. Андреев, А.А. Жинов, Ю.П. Корнюшин,
Н.Е. Шубин, А.И. Пономарев, А.К. Рамазанов, А.А. Анкудинов, Б.М. Логинов,
В.Г. Косушкин, А.В. Мазин, А.А. Шубин, А.К. Горбунов, А.В. Максимов,
В.Н. Пащенко, М.В. Астахов, Е.Н. Сломинская, О.Л. Перерва, Г.И. Ловецкий,
А.Ю. Красноглазов, В.М. Алакин

НЗ4 **Научоемкие технологии в приборо- и машиностроении и развитие инновационной деятельности в вузе:** материалы региональной научно-технической конференции, 18–20 апреля 2017 г. Т. 4. – Калуга: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017. – 249 с.

В сборнике материалов Региональной научно-технической конференции представлены результаты научных исследований, выполненных учеными в течение ряда лет. Систематизированы материалы различных научных школ. Результатами научных исследований являются новые методы, вносящие вклад в развитие теории, а также прикладные задачи, воплощенные в конструкции и материалы.

УДК 378:001.891
ББК 74.58:72

© Коллектив авторов, 2017
© Калужский филиал МГТУ
им. Н. Э. Баумана
© Издательство МГТУ
им. Н. Э. Баумана, 2017

СЕКЦИЯ 15.

**ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ
И ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ
ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

А.З. Асваров, А.К. Горбунов

АЛГОРИТМ ДЛЯ КОДОВ ХЭММИНГА И РИДА-МИЛЛЕРА

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Схемы исправления одиночных и обнаружения двойных ошибок в настоящее время активно конкурируют со схемами контроля по четности и становятся обязательным атрибутом памяти ЭВМ. Такие схемы обычно реализуются с помощью кодов Хэмминга. Для практики существенными являются следующие параметры кодека:

1. Время кодирования-декодирования – зависит от элементной базы, но в первом приближении оно пропорционально длине кодового слова n .
2. Сложность схемы кодека
В качестве этого параметра можно выбрать количество единиц в порождающей матрице, которое в первом приближении пропорционально n^2 .
3. Универсальность кодека
т.е. возможность использования типового модуля для построения кодеков для кодов с большим числом информационных символов.
4. Функция надежности
которая учитывает отказы всех элементов, в том числе и самого кодека. Позволяет оценить эффективность кодирования.

В докладе предлагается алгоритм реализации кодека для кодов Хэмминга и Рида-Миллера, имеющий преимущества по сравнению с традиционными схемами.

Рассмотрим матрицу преобразования, заданную следующим рекуррентным правилом:

$$\begin{aligned} G_2 &= \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \\ G_{2N} &= \begin{bmatrix} G_N & G_N \\ 0 & G_N \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (1)$$

Замечая сходство матрицы (1) с матрицей Адамара, получим быстрый алгоритм преобразования, граф которого изображен на рис.1.

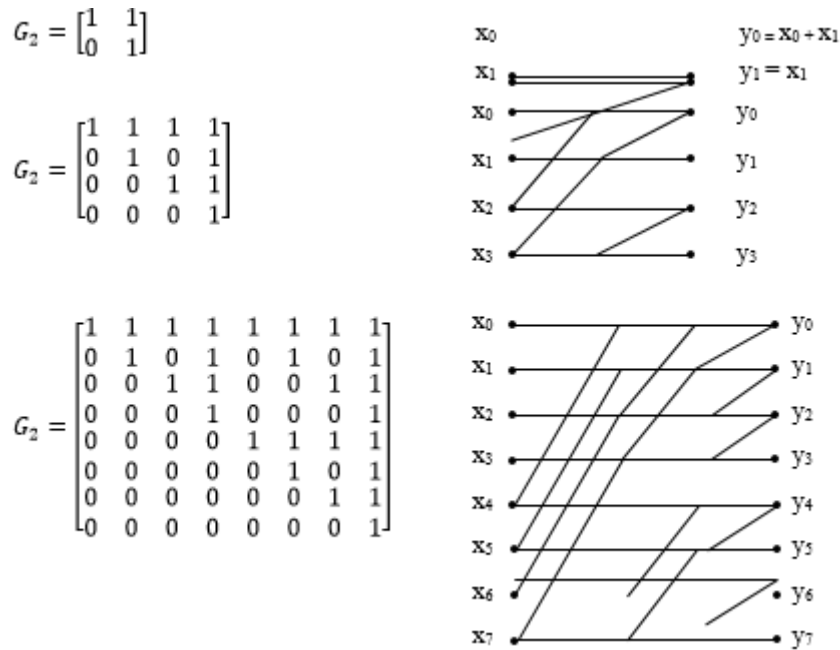


Рис.1. Структура порождающей матрицы и граф быстрого алгоритма

Аналогично определению матрицы Адамара в показательной форме матрицу G можно задать следующим образом:

$$\begin{cases} g_{0,j} = 1, \forall j = 0, N - 1 \\ g_{i,j} = \bigwedge_{k=0}^{M-1} i_k j_k, \forall i + 1, N - 1, j = 0, N - 1 \end{cases} \quad (2)$$

где i_k, j_k – k -ый разряд двоичного разложения номеров $i, j, k = 0, M-1$ $M = \log_2 N$ и N равно целой степени 2.

Из выражения (2) можно получить следующие свойства:

$$g_{ij} = j_k, \forall j = 0, N - 1, i_e = \begin{cases} 1, \text{ при } e = k \\ 0, \text{ при } e \neq k \end{cases} \quad e = 0, M - 1 \quad (3)$$

$$g_{ij} * g_{ip} = g_{i,j,p} \quad (4)$$

$$g_{ij} * g_{pj} = g_{i,p,j} \quad (5)$$

Обозначим через $d(i)$ вес номера i , т.е. количество единиц в двоичном представлении. Из свойства (3) следует, что строка !! такая, что

$$d(i) = 1, i_e = \begin{cases} 1, \text{ при } e = k \\ 0, \text{ при } e \neq k \end{cases} \quad e = 0, M - 1$$

Является k -той строкой функции $R_i(j)$, изображенных на рис.2

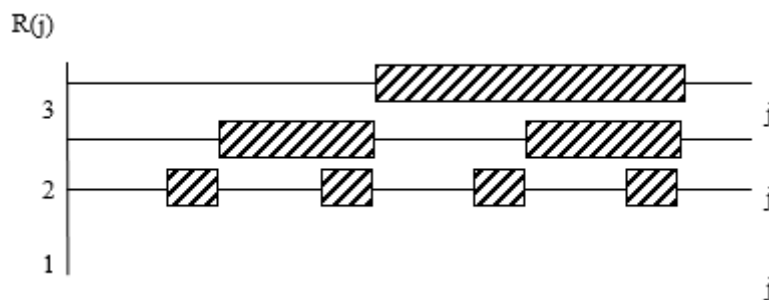


Рис.2. Функции R

Строки G_p с $d(p) > 1$ получаются с помощью двоичного умножения строк G_i , для которых $d(i) = 1$, в соответствии с (4). Из свойства (5) следует, что преобразования, заданное матрицей G , является матрице G .

В теории кодирования известны коды, порождающая матрица которых составлена из функций R и их произведений. Это так называемые коды Рида-Миллера. Таким образом доказывается, что G является матрицей кода Рида-Миллера с точностью до положения строк (в частности кода Хэмминга) и существует быстрый алгоритм, реализующий данное преобразование.

Пусть X – исходный двоичный вектор размерности n , $n = 2^m$, причем $r = m$ (для расширенного кода Хэмминга $r = m + 1$) символов в нем будем считать «проверочными» и зададим их равными нулю следующим образом:

$$x_i = 0, \text{ при } d(i) \leq 1 \quad (6)$$

(знак $<$ – для расширенного кода). Остальные $k = 2^m - m$ ($k = 2^m - m - 1$) компонент будут информационными. Кодировем X с помощью матрицы, граф которой изображен на рис. 1:

$$Y = GX$$

К кодируемому Y прибавляется ошибка E с весом не более 1, и предположим, что сбой произошел в K -ом символе:

$$\hat{Y} = Y + E, d(E) \leq 1, R_e = \begin{cases} 0, & \text{при } e \neq k \\ 1, & \text{при } e = k \end{cases} e = 0, N - 1 \quad (8)$$

декодируем полученный вектор:

$$\tilde{X} = G\tilde{X} = X + GE$$

Из (8, 6, 4) получаем, что \tilde{X} в разрядах x_i $d(i) = 1$ дает двоичное представление номера компоненты k , в котором произошел сбой.

Для обнаружения двухтактных ошибок можно воспользоваться контролем на четность синдрома.

В докладе рассматриваются также вопросы построения укороченных кодов Хэмминга и структуры кодека для кодов Рида-Миллера, с обнаруживающим ошибки большей кратности.

Схема кодека на основе быстрого алгоритма имеет время выполнения преобразования и сложность в первом приближении пропорциональную $\log_2 N$ и $N \log_2 N$ соответственно.

Схема может обладать универсальностью, т.е. существует возможность использования типового модуля для построения кодеков для кодов с большим числом информационных символов, для укороченных и расширенных кодов Хэмминга и для кодеков кода Рида-Миллера.

В докладе рассматриваются также вопросы надежности кодека.

Литература

[1] Горбунов А.К., Лысенко А.Л., Горбунов Е.А. Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратической ошибке воспроизведения. Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы, Москва, 2004, С. 20-21

[2] Лысенко А.Л., Горбунов А.К., Горбунов Е.А. Вычисление энтропии с экстраполяцией гауссовского сообщения. Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы, Москва, 2004, С. 24-32

[3] Лысенко А.Л., Горбунов А.К., Горбунов Е.А. Энтропия и скорость создания сообщений без предвосхищения и с прогнозом Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы, Москва, 2004, С. 18-19

[4] Горбунов А.К., Чистяков Г.А., Пчелинцева Н.И., Никифоров Д.К. Получение и использование наноструктур и нанопокровов в атомарных и молекулярных газовых лазерах. Научноёмкие технологии, 2014, Т. 15, №10, С. 54-59

[5] Горбунов А.К. Эпсилон энтропия с задержкой при малой среднеквадратичной оценке воспроизведения. Труды МГТУ сборник статей. Сер. «Труды МГТУ/ Московский гос. Технический университет им. Н.Э. Баумана» ред. кол.: А.В. Царьков (гл. ред.) и др. Москва, 2012, С. 35-37

Асваров Алидар Загирбекович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: alidar.asvarov@gmail.com

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

М.О. Игнатов, А.К. Горбунов, А.И. Чухраева

АЛГОРИТМ СЛУЧАЙНОГО ДОСТУПА К СИСТЕМЕ ИЗ ДВУХ КАНАЛОВ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

На сегодняшний день получено большое число результатов по оценке характеристик систем связи со случайным множественным доступом для случая, когда в системе имеется единственный прямой канал. Вместе с тем представляет безусловный интерес ответ на вопрос, можно ли при совместном нескольких прямых каналов со случайным множественным доступом получить характеристики связи, лучше, чем при независимом использовании этих каналов. В докладе излагаются результаты, позволяющие дать положительный ответ на сформулированный вопрос для одного частного случая.

Рассматривается система связи, в которой организован свободный синхронный доступ N абонентов к двум параллельным каналам при наличии широковещательного канала с полной информативной обратной связью. Предполагается, что у каждого абонента имеется буфер на один пакет информации и число пакетов, поступающих в систему в единицу времени, распределено по биномиальному закону, причём при $N \rightarrow \infty$ предельным является пуассоновское распределение с параметром λ .

Определяется класс $\{f_2\}$ алгоритмов доступа, для которого перед передачей имеющегося пакета в канал связи каждый абонент сначала определяет номер канала для передачи, выбирая первый канал с вероятностью P_t (зависящей, вообще говоря, от времени), а второй канал - с дополнительной вероятностью, после чего выдаёт пакет по выбранному каналу β_{ti} , зависящей лишь от времени и от канала i .

Далее вводится предположение о том, что к началу каждого временного окна t известно число n_t абонентов, имеющих готовый для передачи пакеты, а также известны величины n_{t1} и $n_{t2} = n_t - n_{t1}$ - результаты распределения каналов между абонентами. При этом предположении формулируется алгоритм доступа f_2^* - оптимальный в классе $\{f_2\}$ по критерию средней задержки сообщения в системе.

Алгоритм доступа f_2^* заключается в том, что перед передачей пакета в очередном временном окне t каждая станция с вероятностью $P(n_t)$ выбирает для передачи первый канал и с дополнительной вероятностью - второй канал, после чего передаёт пакет по выбранному каналу I с вероятностью $\beta_{ti} = 1/n_{ti}$. При этом последовательность значений n_t образует неприводимую, непериодическую цепь Маркова, а средняя скорость передачи $\bar{\lambda}$ определяется выражением

$$\bar{\lambda} = \sum_{n=0}^N \pi_n \Lambda_n,$$

где $\Lambda_n = \sum_{i=1}^{n-1} ((1 - \frac{1}{i})^{i-1} + (1 - \frac{1}{n-i})^{n-i-1}) \gamma_i + \varphi_n$; $\gamma_i = C_n^i P_n^i (1 - P_n)^{n-i}$;
 $\varphi_n = (1 - \frac{1}{n})^{n-1} (P_n^n + (1 - P_n)^n)$; π_n - стационарная вероятность цепи n_t .

В приведённых формулах $P_n = P(n_t)$, а индекс t у n опущен, т.к. последовательность значений n_t является однородной цепью Маркова.

Доказано, что

$$\Lambda_n = \lim_{n \rightarrow \infty} \Lambda_n = \sum_{i=1}^{\infty} (1 - \frac{1}{i})^{i-1} \frac{\alpha^i}{i!} e^{-\alpha} + e^{-1},$$

где $\lim_{n \rightarrow \infty} nP_n = \alpha$

С помощью ЭВМ была приближенно вычислена величина

$$\Lambda^* = \max \Lambda_{\alpha}.$$

Расчёты показали, что $\Lambda^* \geq 0.916$ при $\alpha_{opt} t \approx 1.77$. На основе этого доказано, что пропускная способность системы из двух каналов при использовании алгоритма доступа f_2^* выше, чем удвоенная пропускная способность канала при использовании в нём алгоритма f_1^* , и являющегося одномерным аналогом алгоритма f_2^* .

Выигрыш получается за счёт того, что при совместном использовании график на входе одного из каналов значительно отличается от пуассоновского, вследствие чего средняя скорость передачи в этом канале может быть увеличена примерно до значения 0.548, в то время, как во втором канале пределом для средней скорости передачи является, очевидно, величина $\frac{1}{e}$.

Список литературы

[1] Лысенко А.Л., Горбунов А.К., Горбунов Е.А. Вычисление энтропии с экстраполяцией гауссовского сообщения. *Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы. Сб. науч. тр.* Москва, 2004, с. 24–32.

[2] Лысенко А.Л., Горбунов Е.А., Горбунов А.К. Энтропия и скорость создания сообщений без предвосхищения и с прогнозом. *Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы. Сб. науч. тр.* Москва, 2004, с. 18–19.

[3] Горбунов А.К., Лысенко А.Л., Горбунов Е.А. Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратической ошибке воспроизведения. *Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы. Сб. науч. тр.* Москва, 2004, с. 20–21.

[4] Горбунов А.К. *Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратической оценке воспроизведения.* Труды МГТУ им. Н.Э. Баумана. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2010, с. 35-37.

Игнатов Михаил Олегович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
 E-mail: mikhail.ignatov1998@yandex.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

Чухраева Анастасия Игоревна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

А.Ю. Богомолов, А.К. Горбунов

ВЕРОЯТНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДИОКАНАЛА

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Постоянное развитие авиации заставляет непрерывно совершенствовать радиотехнические средства обеспечения полетов, повышать уровень автоматизации систем управления воздушным движением (УВД). Основным источником информации для автоматизированных систем УВД являются вторичные радиолокационные датчики. В настоящее время в ряде стран разрабатываются усовершенствованные источники полетной информации, основанные на принципах индивидуально-адресного запроса. Одним из основных условий внедрения усовершенствованных источников информации с адресным запросом является их совместимость с существующими техническими средствами обеспечения полётов. В течение длительного периода существующие и адресные источники полетной информации будут работать в едином радиолокационном поле. Таким образом представляет несомненный интерес оценить вероятностные характеристики адресного самолетного ответчика (АСО) в этот переходный период.

АСО должен обеспечивать обработку запросных сигналов во всех режимах и от всех запросчиков, в зоне действия которых он находится. Поскольку АСО может одновременно обслуживать лишь один запросный сигнал, то увеличение количества режимов запроса оказывает непосредственное влияние на вероятность передачи ответного сообщения (или коэффициент готовности ответчика) и, следовательно, на все вероятностные характеристики датчиков цифровой информации для систем УВД.

Работа с АСО будет осуществляться в два этапа: ввод в автоматическое сопровождение и автоматическое сопровождение. Как известно, ввод АСО в сопровождение возможен в режимах общего вызова (осуществляется одновременный запрос существующих ответчиков в АСО) или запроса адреса (осуществляется запрос только АСО).

Оценим коэффициент готовности АСО при вводе в сопровождение в режиме общего вызова. Предположим, что АСО находится в зоне действия адресного запросчика и на него воздействует поток запросных сигналов существующих датчиков интенсивностью $\lambda_{зс}$ и поток сигналов подавления боковых лепестков интенсивностью $\lambda_{пбл}$. В общем случае величину $\lambda_{зс}$ можно определить по формуле

$$\lambda_{зс} = \sum_{k=1}^l \sum_{i=1}^m n_{ik} \Delta_{ik} F_{ik} (P_{глі} + P_{блi}) \quad (1)$$

где n_{ik} – количество запросчиков i -го типа, работающих в k -м режиме, m – число типов запросчиков, в зоне действия которых находится АСО, F_{ik} – частота излучения сигналов запросчиком i -го типа, Δ_{ik} – часть периода обзора, на который запросчик i -го типа работает в k -м режиме, $P_{глі}; P_{блi}$ – ве-

роятности поступления на АСО сигналов по главному лепестку запросчика i -го типа и по боковому лепестку соответственно.

При действии в запросном радиоканале внутрисистемных помех может происходить подавление полезных сигналов адресного запросчика по следующим причинам:

- 1) парализации АСО при излучении ответных сигналов,
- 2) срабатывания схемы ограничения загрузки АСО,
- 3) появления ложных опережающих запросных кодов, образующихся в результате взаимодействия импульсов запросного сигнала с импульсами мешающих потоков запросных сигналов и сигналов подавления боковых лепестков,
- 4) инерционности ответчика,
- 5) интерференционного подавления импульсов запросного сигнала,
- 6) блокирования АСО при излучении сигналов другими радиотехническими системами самолета,
- 7) случайного срабатывания ответчика,
- 8) воздействия внутримешающих шумов,
- 9) парализации АСО из-за срабатывания схем подавления запросов по боковым лепесткам диаграмм направленности антенной системы запросчика,
- 10) образования ложного запросного кода общего вызова только неадресных самолетных ответчиков.

С учетом вышеперечисленных факторов результирующую вероятность выдачи ответного сообщения адресным ответчиком на запрос общего вызова, или коэффициент готовности АСО при вводе в сопровождение в режиме общего вызова можно определить по следующей формуле:

$$P_{ОВ} = \prod_{\psi=1}^{10} (1 - P_{\psi}) \quad (2)$$

На рис.1 представлена построенная по формуле (2) зависимость коэффициента готовности АСО при вводе в сопровождение в режиме общего вызова от интенсивности внутрисистемных помех для $\lambda_{пбл}=1000$, 1/с и 3000 1/с. При расчетах предполагалось, что суммарный поток внутрисистемных помех имеет пуассоновское распределение, АСО работает по стандартам Mode S/ ATCRBS, интенсивность помех по адресному каналу полагалась равной нулю.

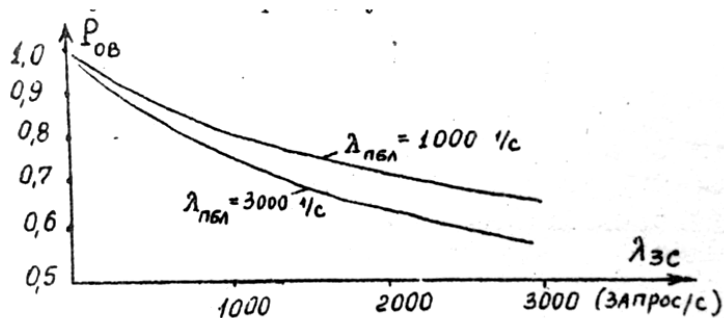


Рис.1

Оценим коэффициент готовности АСО при вводе в сопровождение в режиме запроса адреса в действии в запросном радиоканале внутрисистемных помех.

Сигнал запроса адреса помимо ранее указанных причин будет подавляться при

- 1) появлении ложных опережающих сигналов общего вызова, образующихся в результате взаимодействия первых двух импульсов запроса адреса и импульсов мешающих потоков,
- 2) подавлении любого из двух первых импульсов запроса адреса,
- 3) попадании любого импульса мешающих потоков запросных сигналов или сигналов подавления боковых лепестков, амплитуда которых достаточна для искажения сигнала запроса адреса, на интервал информационно-адресной фазоманипулированной посылки (для упрощения бортового оборудования дешифратор АСО предполагается использовать только в режиме обнаружения ошибок).

С учетом отмеченных факторов коэффициент готовности АСО при вводе в сопровождения, в режиме запроса $P_{за}$ адреса можно рассчитывать по формуле (2), положив в ней, что ψ изменяется от 1 до 13.

На рис.2 представлены результаты расчета коэффициента готовности АСО при вводе в сопровождение в режиме запроса адреса в зависимости от интенсивности запросных сигналов для $\lambda_{пбл} = 0$ 1/с, 1000 1/с и 3000 1/с. При расчетах предполагалось, что амплитуда мешающих сигналов достаточна для искажения фазоманипулированной информационноадресной посылки.

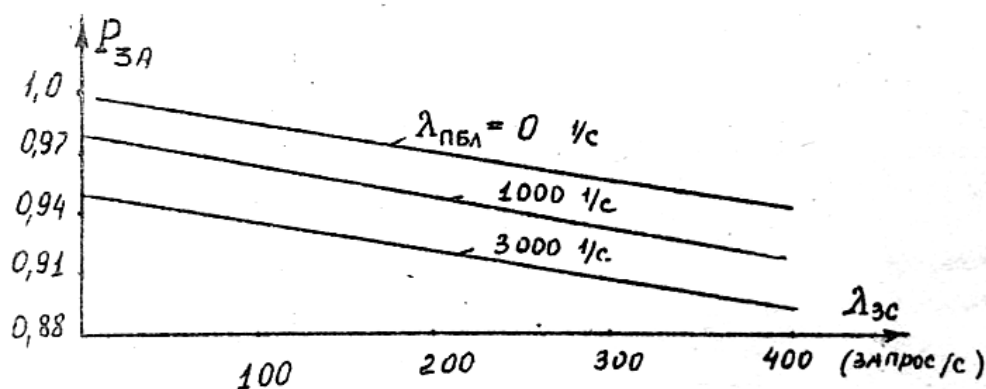


Рис.2

Анализируя результаты расчетов, представленные на рис.1 и рис.2, можно сделать вывод, что для обеспечения высоких значений ($>0,9$) коэффициента готовности адресного самолетного ответчика при вводе в сопровождение в режимах общего вызова и запроса адреса интенсивность мешающего потока запросных сигналов не должна превышать ~ 350 1/с для широкого диапазона значений интенсивности потока сигналов подавления боковых лепестков.

Литература

[1] А. К. Горбунов. Эпсилон-энтропия и скорость создания сообщений без предвосхищения и с прогнозом. Электронный журнал «Наука, техника и оборудование» 2015 №1

[2] А. К. Горбунов. Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратичной ОЦ воспроизведения. В сборнике: труды МГТУ сборник статей. Сер. «Труды МГТУ / Московский гос. тех. ун-т им. Н. Э. Баумана» ред. кол.: А. В. Царьков (гл. ред.) и др., 2010, с.35-37

[3] Л. В. Лысенко, А. К. Горбунов, А. П. Коржавый, В. К. Шаталов, А. Л. Лысенко. Физико-химические процессы в технологии вакуумирования при сжигании порошка титана в среде азота. «Научные технологии» 2008, Т. 9, № 10, с.25-31

[4] А. К. Горбунов. Эпсилон-энтропия с прогнозом, «Проблемы передачи информации» 2009, № 45, с.12

[5] А. К. Горбунов. Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратичной ошибке воспроизведения. «Проблемы передачи информации» 1987, Т. 23, № 2, с.3-8

Богомолов Андрей Юрьевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: andrey11@yandex.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

А.Р. Крицкая, А.К. Горбунов, М.М. Лысенко

ВЫВОД УРАВНЕНИЯ КИНЕТИЧЕСКИХ И ТРАНСПОРТНЫХ ФОРМ ПЕРЕНОСА ИНФОРМАЦИИ.

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Транспортные формы потоков в пространстве определяют концентрацию знаний и подчиняются уравнению [1-7]:

$$\frac{d(\rho W)}{d\tau} = \nu \cdot \nabla^2(\rho W). \quad (1)$$

Здесь $\nabla^2(\rho W)$ – оператор Лапласа; ρW – пространственная концентрация знаний; ν – коэффициент пропорциональности; τ – время.

Переходя к циркуляции информационных потоков в образовательной среде, следует учитывать, что транспортная скорость потока информации, как правило, превосходит кинетическую скорость того же информационного потока [8-11]. Это связано с особенностями восприятия информации конкретной личностью, проявляющимися, например, в различии каналов трансляции информации и каналов восприятия – аудиальный, визуальный, тактильный (кинестетический). Требуется дополнительные ресурсы мышления для преобразования информации в удобную для восприятия форму. Другой особенностью является качественные различия потоков на уровне трансляции и восприятия: транслируемый поток является однородным (произведен предварительный отбор, ранжирование, упорядочение, адаптация информации), а принимаемый поток для обучающегося имеет неоднородную структуру по отношению к структуре уже имеющегося у него знания. Требуется время и ресурсы для полноценной диффузии внешней информации, ее преобразования [9,10]. Поэтому увеличение информационной емкости отдельного занятия за счет объединения нескольких теоретических тем, укрупненных блоков, или увеличения числа решаемых практических задач не является универсальным приемом. Для максимально возможного уравнивания транспортной и кинетической скорости информационного потока необходимо учитывать следующие параметры:

1) Увеличивать концентрацию информационного потока (производить отбор учебного содержания материала) по критериям научной полноты, теоретической и практической значимости, соответствия возрастным особенностям контингента, имеющимся временным рамкам.

2) Увеличивать однородность информационного потока за счет выделения основных понятий, законов, теорий, умений и навыков, которые смогут обеспечить межпредметные и метапредметные связи внутри всего объема информации.

3) Повышение качества кинетики информации за счет создания циркуляционных потоков рефлексии, обобщения, повторения информации на различных уровнях.

Кинетика информации связана с одной из форм знаний – остаточными знаниями. С одной стороны, остаточные знания – это то, что осталось в памяти по окончании изучения (присвоения) блока информации. С другой стороны, остаточные знания – это та часть изученного материала, которая довольно долго остается в памяти, годами и даже десятками лет и является необходимым минимумом, достаточным для дальнейших преобразований. С течением времени остаточные знания, исходя из потребностей в них, могут углубляться, расширяться, превосходя по глубине первоначальные знания, или утрачиваться полностью [11]. Интерес представляет кинетика текущих знаний в остаточные (их сохранность во времени). Зависимость пропорциональная. Причем коэффициенты пропорциональности зависят от мотивации, познавательной активности, самостоятельности, рефлексии педагогической и учебной, организационного и психолого-педагогического сопровождения процесса [8,10].

С учетом кинетических форм переноса знаний из уравнения (1) получаем

$$\frac{d(\rho w)}{d\tau} = v\nabla^2(\rho w) - K\Delta(\rho w). \quad (2)$$

Уравнение (2) является основным уравнением определения концентрации информации при совместном описании кинетических ($-K\Delta(\rho w)$) и транспортных $v\nabla^2(\rho w)$ форм переноса информации.

Таким образом, представленные формулы дают философское основание для рассмотрения информационных потоков (полей), как самостоятельной (самодостаточной) формы субстанции.

Очевидно, что остаточные знания эффективнее будут формироваться там, где скорость изменения концентрационных преобразований будет выше, т.е. мотивация, целеполагание и методология обучения вариативнее. Использование различных методик обучения делает усвоение знаний более эффективным. Транспорт знаний происходит в результате отбора и переноса информации из различных источников потоками внутренними и внешними. Внутренние транспортные потоки – внутри- и межпредметные потоки уже присвоенной информации. Внешние транспортные потоки – организованные (например, в системе образования) и неорганизованные (например, в сети Интернет) потоки информации. Организованные внешние транспортные потоки информации, выстроенные определенным образом, обеспечивают качество усвоения (кинетику) знаний. Вертикальные потоки (снизу вверх) обеспечивают транспорт базовых (общих) знаний к предметной области высшего когнитивного порядка. Встречные вертикальные потоки (сверху вниз) обеспечивают транспорт преобразованной информации на более низкий когнитивный уровень для углубления, обобщения инфор-

мации, в том числе хронометрически отдаленных остаточных знаний. При этом определяющими становятся методики по расширению кругозора и формированию мировоззрения. Горизонтальные потоки информации на одном когнитивном уровне обеспечивают транспорт знаний из одной предметной области в другие. Тем самым формируются междисциплинарные знания. С учетом рефлексии появляются локальные хронометрические и пространственные транспортные потоки обратной связи, необходимые для возвращения на целевой оптимальный когнитивный уровень конкретной предметной области.

На качество (сохранность) остаточных знаний влияют:

- величина пространства контакта транспортных потоков с носителями информации;
- хронометрические параметры потоков информации (широта временного охвата предметных областей и степень познавательной активности);
- константа скорости обмена информацией между носителями информации и учениками;
- плотность транспортных и кинетических потоков информации;
- концентрация необходимой (целевой) информации в потоках.

Все многообразие информационных потоков обобщается кинетическими и транспортными формами переноса, которые уже сегодня определяют создание ноосферы нового типа. В этой ноосфере разумная необходимость организации взаимодействия между любыми объектами будет основана на субъектном управлении информационными потоками, повышении качества кинетики знаний, в том числе и остаточных.

Список литературы

[1] *Лысенко Л.В., Буланов А.В., Лысенко А.Л., Шишкин В.А.* Оценка кинетики энерготехнологических процессов. Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы. Сб. науч. тр. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2004. с. 46-49.

[2] *Лысенко Л.В., Горбунов А.К., Коржавый А.П., Шаталов В.К., Лысенко А.Л.* Некоторые подходы к разработке энергосберегающих технологий, основанных на транспортных формах переноса момента импульса. Научно-технические технологии, 2013, Т.14. № 7, с. 20-25.

[3] *Лысенко Л.В.* Теоретические основы конструкторских оценок энерготехнологических процессов. Москва, Энергоатомиздат, 1997, 66 с.

[4] *Горбунов А.К., Коржавый А.П., Лысенко Л.В., Лысенко А.Л., Шаталов В.К.* Элементы теоретических основ природоподобных процессов. Научно-технические технологии, 2015, № 6, с. 52-57.

[5] *Шаталов В.К., Лысенко Л.В.* Теория диффузионно-кинетической модели при микродуговом окислении. Коррозия: материалы, защита, 2006, № 10. с. 40-42.

[6] *Лысенко Л.В., Шаталов В.К.* Параметры и безразмерные комплек-

сы, обобщающие энерготехнологические процессы. Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы. Сб. науч. тр. Москва, Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000, с. 25-30.

[7] *Gnedenkov S.V., Gordienko P.S., Lysenko L.V., Sinebryukhov S.L., Khrisanova O.A., Skorobogatova T.M., Minaev A.N., Blinnikov O.V.* Effect coatings form edontitanium by microarcoxidatium on the intensity of the salt deposition process. Физика и химия обработки материалов, 1997, № 2, с. 65-69.

[8] *Крицкая А.Р.* Некоторые концептуальные основы самообразования обучающихся. Вопросы философии, 2013, № 5, с. 70-74.

[9] *Богомолова М.Р., Крицкая А.Р.* Психологическая безопасность образовательной среды и характер общения ее участников. Научный альманах, 2015, № 8(10), с. 1498-1502.

[10] *Крицкая А.Р.* Формирование готовности студентов среднего профессионального учебного заведения к самообразованию. Дис. на соискание ученой степени кандидата педагогических наук. Калуга, 2007, 230 с.

[11] *Крицкая А.Р., Белов Ю.С.* К вопросу о формировании остаточных знаний и педагогических измерительных материалов для их контроля в техническом университете. Гуманитарный вестник, 2015, вып. 10. URL: <http://hmbul.ru/catalog/edu/pedagog/303.html> (дата обращения 04.11.2016).

Крицкая Анна Рудольфовна – канд. пед. наук, доцент кафедры "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: anna_kritskaya69@list.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

Лысенко Мария Михайловна – преп. КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

О.А. Таганова, А.И. Чухраева, А.К.Горбунов

ДЕКОДИРОВАНИЕ ЦИКЛИЧЕСКИХ КОДОВ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

При построении мажоритарных схем декодирования для кодов, имеющих системы квазиразделенных проверок, возникает, так называемая, проблема «ортогонализации».

Известные способы определения информационных символов в мажоритарном декодере не позволяют решить эту проблему в общем случае, даже для циклических кодов. Способ разделение в несколько шагов, основанный на построении необходимого количества мажоритарных проверок для каждого шага, не имеет общего алгоритма и во многих случаях неприменим.

Второй способ связан с решением систем линейных уравнений в поле $GF(q)$. Алгоритм разделения систем квазиразделенных проверок для мажоритарных $M(n,k)$ -кодов, построенных с помощью конечных геометрий.

Ниже рассматривается алгоритм разделения, который применим для всех циклических кодов, имеющих системы квазиразделенных проверок.

Входная последовательность решающего мажоритарного элемента при декодировании системы квазиразделенных проверок имеет вид

$$c(x) \equiv a(x)R(x) \bmod x^n - 1 \quad (1)$$

В этом соотношении $a(x)$ -входная последовательность, $R(x)$ -полином, который описывает линейное преобразование, осуществляемое декодирующей схемой.

Решение этого сравнения относительно $a(x)$ позволяет выделить информационные символы для любого циклического кода, имеющего систему квазиразделенных проверок.

Сравнение (1) имеет q^γ решений, где γ -степень наибольшего общего делителя $R(x)$ и $\frac{x^n-1}{g(x)}$, $g(x)$ -генераторный полином циклического кода. Таким образом, сложность и алгоритм решения этого сравнения зависят от конкретного кода и системы проверок. Коды, для которых степень γ невелика, декодируются схемой, алгоритм построения которой основан на решении линейных уравнений.

Ко второй группе относятся коды, у которых $\text{НОД}(R(x); \frac{x^n-1}{g(x)})$ велика. В этом случае применим алгоритм ступенчатого декодирования.

Рассмотрим циклический (n, k_s) - код A_s , имеющий систему квазиразделенных проверок. Каждая проверка системы включает символы с номерами i_1, i_2, \dots, i_n .

Пусть $h_s(x)$ -проверочный и

$$g_s = \frac{x^{n-1}}{x^{k_s} h_s(x^{-1})} \quad (2)$$

- генераторный полиномы кода A_s . $N_s(x)$ - полином, ассоциированный с вектором $g_s(0)$, входящим во все проверки системы, тогда полином $C_s(x)$ можно представить в виде

$$C_s(x) \equiv a_s(x)N_s(x^{-1}) \bmod x^n - 1. \quad (3)$$

Чтобы применить алгоритм ступенчатого декодирования, требуется определить параметры кода и найти систему проверок на каждой ступени декодирования. Для произвольных циклических кодов проверочный и генераторный полином на следующей ступени декодирования можно определить следующим образом:

$$h_{s-1}(x) = \text{нод}(h_s(x), N_s(x)), \quad (4)$$

$$g_{s-1}(x) = \frac{x^{n-1}}{x^{k_{s-1}} h_{s-1}(x^{-1})}, \quad (5)$$

где k_{s-1} - число информационных символов кода A_{s-1} .

Для построения систем проверок на каждой ступени декодирования воспользуемся алгоритмом.

Определение 1. Будем говорить, что циклический (n, k) -код, инвариантный относительно группы перестановок \mathcal{T} , является разделенным с параметром разделения δ , если множество $N(a^* = \{0\})$ состоит из одного нулевого элемента.

Определение 2. Будем говорить, что циклический (n, k) -код, инвариантный относительно группы перестановок \mathcal{T} , является разделенным относительно множества $N(a^*)$ с параметром квазиразделения $\delta(N(a^*)) = \delta$.

Пусть $q_s^{(0)}$ -вектор инцидентности множества индексов $N_s(a_s^*)$ относительно которого можно построить систему квазиразделенных проверок на S -ступени декодирования.

Теорема. Пусть $A_0 \subset A_1 \subset \dots \subset A_s$ - последовательность циклических кодов, вложенных друг в друга, т.е. генераторный полином $g_i(x)$ кода A_i , $i = 0, 1, \dots, s$, делит генераторный полином $g_j(x)$ кода A_j , $j \leq i$, и квазиразделенных относительно множеств $N_0(a_0^*), N_1(a_1^*), \dots, N_s(a_s^*)$ с параметрами квазиразделения $\delta_0(N_0(a_0^*)), \delta_1(N_1(a_1^*)), \dots, \delta_s(N_s(a_s^*))$ соответственно.

Причем эта последовательность такова, что $N_s(a_s^*) \subset E(a^*), N_{i-1}(a_{i-1}^*) \subset N_i(a_i^*), i = 1, \dots, s$, и $N_0(a_0^*)$ – одноэлементное множество.

Тогда A_s - есть циклический код, декодируемый мажоритарно с реализуемым расстоянием

$$\delta \geq \min_{i \in \{0, \dots, s\}} \delta_i(N_i(a_i^*)). \quad (6)$$

Список литературы

[1] Горбунов А.К., Лысенко А.Л., Горбунов Е.А. Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратической ошибке воспроизведения Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы, Москва, 2004, С. 20-21

[2] Лысенко А.Л., Горбунов А.К., Горбунов Е.А. Вычисление энтропии с экстраполяцией гауссовского сообщения. Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы, Москва, 2004, С. 24-32 3. Лысенко А.Л., Горбунов А.К., Горбунов Е.А.

[3] Горбунов А.К., Чистяков Г.А., Пчелинцева Н.И., Никифоров Д.К. Энтропия и скорость создания сообщений без предвосхищения и с прогнозом Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы, Москва, 2004, С. 18-19 4.

[4] Получение и использование наноструктур и нанопокровов в атомарных и молекулярных газовых лазерах. Научноёмкие технологии, 2014, Т. 15, №10, С. 54-59

Таганова Ольга Андреевна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: taganovaolga17@gmail.com

Чухраева Анастасия Игоревна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

А.Р. Пахаренко, А.К. Горбунов

ДЕЛЬТА-МОДУЛЯЦИЯ С СОКРАЩЕНИЕМ ИЗБЫТОЧНОСТИ В ВЫХОДНОЙ ДВОИЧНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Дельта-модуляция широко применяется для получения сжатого цифрового представления аналоговых сигналов. С целью сокращения избыточности используются адаптивные дельта-модуляторы, учитывающие особенности структуры кодируемых сигналов. Например, при низкоскоростном кодировании речевых сигналов обычно используются такие особенности речи, как не стационарность, неравномерность спектров (форматная структура), квазипериодичность с частотой основного тона и др. При этом алгоритмы кодирования и соответствующие устройства оказываются весьма сложными. Кроме того, дельта-модуляторы, рассчитанные на кодирование сигналов одного типа, например, на кодирование речевых сигналов, при работе с сигналами другого типа, например, с сигналами передачи данных, резко ухудшают свои характеристики. Проблема создания достаточно простого универсального дельта-кодека, одинаково хорошо работающего с сигналами разного типа, весьма актуальна.

В настоящей работе исследуется двухэтапная процедура сокращения избыточности. На первом этапе кодируемый аналоговый сигнал преобразуется в цифровую форму с помощью сравнительно простого дельта-модулятора, который работает с повышенной тактовой частотой и благодаря этому обеспечивает достаточно высокую точность кодирования сигналов различного типа. На втором этапе осуществляется сокращение избыточности выходной двоичной последовательности дельта-модулятора путем предсказания очередных символов последовательности по предыдущим и кодирования ошибок предсказания. Эффективность двухэтапной процедуры сокращения избыточности в значительной степени определяется точностью предсказания. Адаптивный нелинейный предсказатель может быть реализован в виде устройства, содержащего дельта-модулятор (ДМ), сдвиговой регистр (СР) и ОЗУ с памятью на 2^n m –разрядных слов, сумматор по модулю два $C1$ и сумматор $C2$.

Устройство работает следующим образом. Входной сигнал $S(t)$ преобразуется с помощью дельта-модулятор ДМ в двоичную импульсную последовательность $x(t)$, следующую с тактовой частотой R и принимающую значения 0 и 1. Эта последовательность поступает в сдвиговой регистр СР. Записанные в СР значения $x(t-1), x(t-2), \dots, x(t-n)$ выводятся на адресные шины ОЗУ и задают адрес ячейки, к которой производится обращение в момент времени t .

В ячейки ОЗУ с адресами x_1, x_2, \dots, x_n записываются m -разрядные числа $h_i(x_1, x_2, \dots, x_n)$ знаки которых (0 в знаковом разряде соответствует плюсу, 1-минусу) определяют вид предиктивной функции. Если в момент времени t производится обращение к ячейке с адресом $x(t-1), x(t-2), \dots, x(t-n)$, и в этой ячейке содержится число $h_i[x(t-1), x(t-2), \dots, x(t-n)]$, то предсказанное значение $x^*(t) = 0,5 - 0,5 \operatorname{sgn}(h_i[x(t-1), x(t-2), \dots, x(t-n)])$. В сумматоре С1 предсказанное значение $x^*(t)$ складывается по модулю с истинным значением $x(t)$. При правильном предсказании двоичные символы $\varepsilon(t)$ на выходе сумматора С1 принимают нулевые значения, при ошибочных предсказаниях $\varepsilon(t)$ равно единице.

В ходе работы числа $h_i(x_1, x_2, \dots, x_n)$ изменяются таким образом, чтобы минимизировать ошибку предсказания, то есть минимизировать число единиц в последовательности $\varepsilon(t)$. С этой целью на каждом такте t производится извлечение из ячейки ОЗУ с адресом $x(t-1), x(t-2), \dots, x(t-n)$ числа $h_i[x(t-1), x(t-2), \dots, x(t-n)]$, преобразование этого числа в число $h_{t+1}[\bar{}, \bar{}, \dots, \bar{}]$ и запись этого числа в ячейку памяти с тем же адресом $x(t-1), x(t-2), \dots, x(t-n)$. Легко увидеть, что при такой процедуре адаптации абсолютные значения чисел, записанных в соответствующие ячейки ОЗУ, при правильных предсказаниях увеличиваются на единицу (после достижения наибольшего значения 2^{m-1} дальнейшее увеличение абсолютных величин не производится), а знаки сохраняются. При неправильных предсказаниях абсолютные величины $|h_i[x(t-1), x(t-2), \dots, x(t-n)]|$ уменьшаются на единицу, а если абсолютная величина принимает значение ноль, то происходит изменение знака предиктивной функции при данном значении аргумента. Операция преобразования $h_i[x(t-1), x(t-2), \dots, x(t-n)]$ и $\varepsilon(t)$ в $h_{t+1}[x(t-1), x(t-2), \dots, x(t-n)]$ осуществляется с помощью суммирующего устройства С2.

В описанном устройстве могут быть реализованы перестраиваемые предиктивные функции произвольного вида от n -мерных двоичных переменных. На современных микросхемах сравнительно просто реализовать предсказание при $n=14-16$. Дальнейшее увеличение n связано с быстрым ростом сложности аппаратуры. При работе с перестраиваемыми предиктивными функциями точность предсказания монотонно увеличивается с ростом n , однако скорость роста точности предсказания обычно максимальна при малых значениях n и уменьшается по мере увеличения n .

Например, для варианта блочного кодирования, эффективность кодирования при $n=7$ составило 2.33, а при $n=15$ – 3.75.

Литература

[1] Горбунов А.К. Эпсилон-энтропия с задержкой при малой средне-квадратичной ошибке воспроизведения. Труды МГТУ, 2010, с.35-37.

[2] Горбунов А.К., Лысенко А.Л., Горбунов Е.А. Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратичной ошибке воспроизведения. Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы. 2004, с.20-21.

[3] Лысенко А.Л., Горбунов А.К., Горбунов Е.А. Вычисление энтропии с экстраполяцией гауссовского сообщения. Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы. 2004, с.24-32.

[4] Лысенко А.Л., Горбунов Е.А., Горбунов А.К. Энтропия и скорость создания сообщений без предвосхищения и с прогнозом. Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы. 2004, с.18-19.

[5] Горбунов А.К., Чистяков Г.А., Пчелинцева Н.И., Никифоров Д.К. Получение и использование наноструктур и нанопокровов в атомарных и молекулярных газовых лазерах. Научные технологии, 2014, № 10, с.54-59.

Пахаренко Артем Романович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: artemph58@gmail.com

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

Т.А. Зоз, Г.Э. Амеличев, А.К. Горбунов

ЖИВУЧЕСТЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

В связи с широким развитием проблемно-ориентированных информационно-вычислительных систем (например, АСУ службами аэропорта) все большую актуальность приобретает проблема обеспечения их живучести.

Для данного класса систем под живучестью будем понимать свойство системы выполнять требуемые функции с необходимым качеством в течение рассматриваемого интервала времени в заданных экстремальных условиях, которые (в отличие от нормальных условий) характеризуются тем, что в начале интервала система находится в одном из экстремальных состояний.

Живучесть системы будем оценивать с помощью следующего интервального показателя

$$K_G [t_1, t_2] = \sum_{j=1}^m C_j K_G^{(j)} [t_1, t_2]$$

При условии

$$\sum_{j=1}^m C_j = 1,$$

где m - число функций (задач), выполняемых системой, C_j - коэффициент важности j -й функции $[1, 2]$, $K_G^{(j)} [t_1, t_2]$ - интервальный показатель живучести j -й функции, определяемый выражением

$$K_G^{(j)} [t_1, t_2] = \frac{\varphi_{\mathcal{E}}^{(j)} [t_1, t_2]}{\varphi_H^{(j)} [t_1, t_2]}, \quad j = \overline{1, m},$$

где $\varphi_{\mathcal{E}}^{(j)} [t_1, t_2]$ и $\varphi_H^{(j)} [t_1, t_2]$ - условные математические ожидания числа задач j -го типа, решенных системой в интервале времени $[t_1, t_2]$ в экстремальных и нормальных условиях.

В соответствии с [3] рассматриваемая многофункциональная система является системой кратковременного и многократного действия. В любой фиксированный момент времени $t \in [t_1, t_2]$ она может находиться в определенном состоянии, описываемом вектором

$$X(t) = \{x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)\},$$

где n - число элементов системы,

$$x_i(t) = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-ой элемент работоспособен в момент времени } t, \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

В каждом состоянии $X(t)$ система может выполнить j -ю задачу с определенной эффективностью $\phi^{(j)}(X(t))$, имеющей смысл производительности.

Автором получен окончательный вид функционалов $\varphi_{\exists}^{(j)}[t_1, t_2]$ и $\varphi_H^{(j)}[t_1, t_2]$ для $\phi^{(j)}(X(t))$, представленных в полилинейной форме [4], в случае независимых восстанавливаемых элементов.

Использование и введение избыточности в информационную систему является важным принципом улучшения качества ее функционирования [5]. Так, живучесть существенно зависит от имеющейся в системе избыточности и может быть повышена оптимальным ее использованием, например, за счет сокращения множества решаемых задач, начиная с менее важных, по мере выхода из строя элементов системы [1] или за счет оптимального выбора способов выполнения функций, возложенных на систему [2]. Другим способом повышения живучести системы является введение в нее дополнительной избыточности (как на уровне элементов, так и на уровне системы). Эта защитная избыточность (аппаратурная, временная или информационная) позволяет в случае попадания системы в экстремальные состояния продолжать корректно функционировать несмотря на имеющиеся неполадки.

Рассмотрим две схемы введения динамической аппаратурной избыточности на системном уровне для повышения живучести системы, допускающей неисправности элементов [6], при заданной структуре и жестком закреплении функций за элементами.

Отказавшие элементы возобновляют функционирование только после восстановления.

На время восстановления отказавшие элементы резервируются замещением.

Ввиду соображений экономического характера в указанных случаях возникают соответственно следующие задачи оптимального введения избыточности в систему.

Определить значение вектора M интенсивностей восстановления элементов системы, минимизирующее затраты на восстановление, при ограничении на интервальный показатель живучести, т.е.

$$\sum_{i=1}^n Q_i(\mu_i) \rightarrow \min, \quad (1)$$

$$K_G([t_1, t_2], M) \geq K_G[t_1, t_2]_{\text{доп}},$$

где $M = \{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n\}$, $\mu_i \in \{\mu_{ip}\}$, $p = \overline{1, p_i}$, p_i - число возможных значений μ_i , $Q_i(\mu_i)$ - стоимость мероприятий по восстановлению i -го элемента с ин-

тенсивностью μ_i , $K_G[t_1, t_2]_{\text{доп}}$ - допустимое значение интервального показателя живучести.

Определить значение вектора R резервирования замещением элементов системы, максимизирующее интервальный показатель живучести системы, при ограничении на затраты по резервированию, т.е.

$$\sum_{j=1}^m C_j K_G([t_1, t_2], R) \rightarrow \max, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n Q_i(r_i) \leq Q_{\text{доп}},$$

где $R = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$, $r_i \in \{0, 1\}$, $r_i = 1$, если i -й элемент резервируется замещением, $r_i = 0$ в противном случае, $Q_i(r_i)$ - стоимость резервирования i -го элемента, $Q_{\text{доп}}$ допустимые затраты на резервирование.

Сформулированные задачи решаются методами динамического программирования.

Пусть, например, $I = \{i\}$, $i = \overline{1, 7}$ - множество элементов системы. Элементы простейшие, независимые. Поток отказов и восстановлений элементов простейшие с интенсивностями $\lambda_i = 1 \cdot 10^{-4}$ / час и $\mu_i = 1 \cdot 10^{-2}$ / час, $i = \overline{1, 7}$. Система предназначена для выполнения трех функций со следующими коэффициентами важности $C_1 = 0,3$; $C_2 = 0,5$; $C_3 = 0,2$. Для выполнения каждой j -й функции необходимо взаимодействие элементов системы, образующих следующие подмножества I_j множества I :

$$I_1 = \{1, 2, 5, 6, 7\}, I_2 = \{1, 2, 3\}, I_3 = \{1, 2, 4\}.$$

Сформулированные задачи решаются методами динамического программирования.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Хворостов В. И., Горбунов А. К., Хворостова Н. Н., Силаева Н. А. Физико-технологические особенности применения имитирующих структур в газоразрядных лазерных датчиках. Научные технологии, 2012, № 10, с. 34-39.

[2] Лысенко Л. В., Горбунов А. К., Шаталов В. К., Лысенко А. Л., Овчаренко И. Н. Энерго-технологическая интерпретация основного закона динамики. Научные технологии, 2014, № 08, с. 55-58.

[3] Горбунов А. К., Коржавый А. П., Лысенко Л. В., Лысенко А. Л., Шаталов В. К. Элементы теоретических основ природоподобных процессов. Научные технологии, 2015, № 06, с. 52-57.

[4] Горбунов А. К., Пинскер М. С. Эпсилон-энтропия с задержкой гауссовского зашумленного сообщения. Проблемы передачи информации. 1998, № 3, с. 18-23.

[5] *Горбунов А. К.* Эпсилон-энтропия с задержкой при малой средне-квадратичной оценке воспроизведения. Труды МГТУ, сборник статей. Сер. «Труды МГТУ/Московский гос. Технический университет им. Н. Э. Баумана» ред. кол.: А. В. Царьков (гл. ред.) и др. Москва, 2010, с. 35-37.

Зоз Татьяна Александровна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: zoz.tatyana@mail.ru

Амеличев Глеб Эдуардович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

А.А. Кузнецова, А.К. Горбунов

ЖИВУЧЕСТЬ КАК ФУНКЦИЯ ИЗБЫТОЧНОСТИ В СЕТЯХ СВЯЗИ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Исследования живучести структурно-сложных систем находятся в такой стадии, когда не сложилось ни технического определения живучести, ни окончательного понимания того, какова область применения этого понятия. В то же время практика эксплуатации систем связи и других сложных технических систем в условиях экстремальных (например, сейсмических или ураганных) неблагоприятных воздействий (НВ) остро нуждается в технических и организационных рекомендациях, направленных на обеспечение функционирования этих систем (хотя бы и с пониженным качеством) в условиях НВ. Ясно, что обеспечение такого функционирования возможно лишь при наличии разных видов избыточности, когда оставшееся работоспособным оборудование берет на себя полностью или частично функции пораженного при НВ оборудования.

Но если, скажем, в надежности хорошо известны преимущества и недостатки структурного или временного резервирования, то механизм влияния избыточности на живучесть совершенно не изучен. Настоящий доклад делает попытку отразить этот механизм в рамках одной модели живучести сети связи (СС).

Под живучестью (функциональной живучестью) СС здесь понимается способность такой системы функционировать с требуемым качеством в условиях НВ, не предусмотренных регламентом ее нормальной эксплуатации. Живучесть системы может быть обеспечена за счет различного рода избыточности (нагрузочной, структурной, функциональной, алгоритмической, временной) при наличии специальных средств обеспечения живучести (в частности, средств фильтрации). Та составляющая живучести, которая обеспечивается за счет структурной избыточности, далее будет называться структурной живучестью.

Рассмотрим двухполюсную ОС, состоящую из узлов коммутации, соединенных линиями связи. Для нее Y – множество всевозможных состояний СС, характеризующихся отказом нуля, одного или нескольких элементов СС (таких состояний всего 2^N штук, где N – число элементов СС), и каждому состоянию $y_i \in Y$, $i = 1, 2^N$ сопоставим значения скалярного показателя качества функционирования $D(y_i)$. Таким показателем может быть число кратчайших путей успешного функционирования между полюсами, производительность сети и др. Обозначим y_1 – состояние, когда НВ не произошло и все элементы работоспособны. Проанализируем живу-

честь такой СС при следующих допущениях, сформированных в рамках так называемой точечной модели живучести.

1. Допущения к НВ:

- a) точечная область действия;
- b) импульсная продолжительность действия;
- c) независимая стратегия НВ;
- d) НВ состоит n из r - кратных деформаций, за одну деформацию воздействию подвергается ровно r элементов;
- e) существует полная информационная неопределенность на вид НВ.

Согласно принципу "недостаточного основания" Бернулли-Лапласа и принципу "максимальной неопределенности" Гиббса-Джейнса следует принять закон распределения деформаций по элементам равновероятным. Такое распределение отражает индифферентность природы, отсутствие у нее предпочтения одних НВ другим.

2. Допущения к системе:

- a) под элементом СС понимается та ее часть, геометрические размеры которой совпадают с масштабами элементарного воздействия в составе одной r - кратной деформации. Всего в системе N элементов;
- b) состояние y_i системы считается работоспособным, если $D(y_i) > D_t$, где $D_t = (1 - \varepsilon)D(y_1)$ – верхняя недопустимая граница показателя качества функционирования, $0 < \varepsilon \leq 1$ (этот критерий работоспособности будем далее называть ε - критерием);
- c) средства обеспечения живучести в системе неуязвимы и идеально надежны;
- d) вторичные последствия в системе отсутствуют;
- e) стойкость элементов системы и НВ нулевая, т.е. подверженный НВ элемент однозначно поражается.

Живучесть оценим по показателям, сходным с тем же из [1,3]:

1) закон выживаемости системы по ε - критерию - условная вероятность того, что при возникновении события A_{nr} НВ в n r - кратных деформаций система останется работоспособной:

$$R_N(r, n, \varepsilon) = P\{D(y_i) > D_t | A_{nr} \Rightarrow y_i\} \quad (1)$$

2) среднее число НВ, приводящих к отказу системы:

$$\bar{\omega}_N(r, \varepsilon) = \sum_{n=0}^{\infty} R_n(r, n, \varepsilon) \quad (2)$$

Обобщим его на случай анализа функциональной живучести. Разобьем все множество состояний системы Y на классы G_u с равным числом пораженных элементов u . В каждом классе подсчитаем число $F(u, \varepsilon)$ работоспособных и $\Phi(u, \varepsilon)$ неработоспособных по ε - критерию состояний. Всего в классе G_u C_N^u состояний, таких классов всего $(N + 1)$, и

$$F(u, \varepsilon) + \Phi(u, \varepsilon) = C_N^n, u = \overline{0, N} \quad (3)$$

Неблагоприятное воздействие в n r - кратных деформаций дает $a_{Nnr} = (C_N^r)^n$ всевозможных вариантов возникновения состояний из Y . Из этого числа вариантов $a_F(N, n, r, \varepsilon)$ переводят систему в работоспособное состояние, а $a_\Phi(N, n, r, \varepsilon)$ – в неработоспособное. Поскольку закон поражения равновероятный, то существует единственное разбиение числа a_{Nnr} по классам G_u , которое строится на основе взаимно обратных комбинаторных соотношений [3]:

$$a_{Nnr} = (C_N^r)^n = \sum_{u=0}^N C_N^u \sum_{v=0}^u (-1)^{u+v} C_u^v (C_r^v)^n \quad (4)$$

Данное разбиение влечет разбиение:

$$a_F(N, n, r, \varepsilon) = \sum_{u=0}^N F_{(u,\varepsilon)} \sum_{v=0}^u (-1)^{u+v} C_u^v (C_r^v)^n \quad (5)$$

Из соотношений (4) и (5) получим закон выживаемости (I):

$$R_N(r, n, \varepsilon) = \frac{a_F(N, n, r, \varepsilon)}{a_{Nnr}} = (C_N^r)^{-n} \sum_{u=0}^N F_{(u,\varepsilon)} \sum_{v=0}^u (-1)^{u+v} C_u^v (C_r^v)^n \quad (6)$$

При подстановке (6) в (2) имеем:

$$\bar{\omega}_N(r, \varepsilon) = C_N^r \sum_{u=0}^N F_{(u,\varepsilon)} \sum_{v=0}^u (-1)^{u+v} C_u^v (C_N^r - C_r^v) \quad (7)$$

Соотношения (6) и (7) отражают связь между живучестью и избыточностью, характеризующейся числами $F(u, \varepsilon)$, которые подсчитываются на основе полного перебора состояний с определением показателя качества функционирования в этих состояниях и сравнением его с D_t .

Чтобы использовать соотношения (6) и (7) для анализа структурной живучести системы, необходимо показателем качества функционирования $D(y_i)$, $y_i \in Y$ выбрать число кратчайших путей успешного функционирования между полюсами и положить $\varepsilon = 1, D_t = 0$.

Избыточность по-разному сказывается на надежности и на живучести систем, поскольку различна причина отказов: в случае надежности она внутренняя, а в случае живучести – внешняя. Это различие всецело определяет механизм формирования отказов элементов. В надежности отказ вызревает постепенно и является логическим следствием энтропийных процессов в материале элемента. В живучести:

- a) НВ имеет импульсный, внезапный характер;
- b) оно происходит либо вне зависимости от состояния системы (природные силы), либо привязано к вкладу подвергаемого ИН элемента системы II качество ее функционирования (активная среда, противодействующая целям функционирования системы);
- c) факт НВ на элемент не влечет с неизбежностью факт поражения (отказа) элемента, поскольку элемент может обладать стойкостью, т.п. не поражаться целиком, а частично деградировать по качеству при НВ. В особенности это справедливо тогда, когда элемент сам является системой элементов низшего уровня иерархии;
- d) НВ существенно более информационно неопределенно, нежели момент внутреннего отказа.

Указанные различия с необходимостью должны быть усвоены методически в живучестном проектировании. Тогда становится понятным совпадение живучести параллельных и последовательно-параллельных СС (при несовпадении их надежности).

Литература:

[1] Горбунов А.К. Лысенко А.Л. Горбунов Е.А. Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратичной оценке воспроизведения. Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы, Москва, 2004, с. 20–21.

[2] Лысенко А.Л. Горбунов А.К. Горбунов Е.А. Вычисление энтропии с экстраполяцией гауссовского сообщения. Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы, Москва, 2004, с. 24–32.

[3] Лысенко А.Л. Горбунов Е.А. Горбунов А.К. Энтропия и скорость создания сообщения без предвосхищения и с прогнозом. Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы, Москва, 2004, с. 18–19.

[4] Горбунов А.К. Чистяков Г.А. Пчелинцева Н.И. Никифоров Д.К. Получение и использование наноструктур и нанопокровов в атомарных и молекулярных газовых лазерах. Научно-технические технологии, Москва, 2014, № 10, Т. 15, с. 54–59.

[5] Горбунов А.К. Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратичной оценке воспроизведения. Труды МГТУ им. Н.Э. Баумана. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2010, № 597, с. 35-37.

Кузнецова Анна Андреевна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: 521annakuznetsova@gmail.com

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

В.В. Чекалова, Г.Э. Амеличев, А.К. Горбунов

ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ ОТ ОШИБОК

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Введение. В настоящее время для передачи данных используются каналы различной физической природы и разного качества. В зависимости от режима обмена информацией и типа качества канала для защиты от ошибок используются различные методы, основанные на обнаружении и исправлении ошибок. Так, дуплексных каналах высокого качества (вероятность искажения двоичного символа $P_o \leq 10^{-3}$) успешно используются циклические коды в режиме обнаружения ошибок совместно с решающей обратной связью. В каналах с биномиальным распределением ошибок (спутниковые каналы связи) успешно применяется исправление ошибок сверточными кодами. В симплексных каналах о группирующихся ошибками могут использоваться каскадные коды, первая ступень которых содержит циклический код обычно в режиме обнаружения ошибок, а вторая ступень- q -ичный код Рида-Соломона. Каскадные коды имеют достаточно высокие эксплуатационные характеристики, однако техническая реализация алгоритмов декодирования кодов Рида-Соломона оказывается весьма сложной.

Подход к унификации методов защиты информации от ошибок. Одной из важных тенденций развития современной техники передачи данных является использование одних и тех же технических средств для передачи информации по каналам различной физической природы и качества, что неизбежно ведет к проблеме унификации методов защиты сообщений от ошибок. Так как сущность метода защиты от ошибок в значительной мере определяется используемым помехоустойчивым кодом и алгоритмом его декодирования, то наиболее естественным путем унификации методов защиты от ошибок является выбор такого кода, который мог бы решать все задачи от ошибок, а также разработка унифицированного ряда алгоритмов защиты от ошибок на основе этого кода. Будем исходить при рассмотрении проблемы унификации именно из использования единого кода для реализации указанных алгоритмов защиты от ошибок.

Сформулируем требования к комплексу технических средств, реализующему унифицированные алгоритмы:

1. В комплексе реализуется помехоустойчивый код, имеющий режимы обнаружения и исправления ошибок с заданной точностью (вероятностью декодирования с ошибкой $P_{ош}$) в произвольном канале связи. При этом процедуры декодирования с обнаружением и исправлением ошибок имеют одинаковый набор операций и различаются только их количеством. Сложность декодирования с обнаружением ошибок не превышает сложности декодирования циклических кодов.

2. При передаче данных по каналу с обратной связью используется обнаружение ошибок. Блоки с обнаруженными ошибками накапливаются; после приема двух и более значений одного и того же блока с ошибками предусматривается возможность исправления ошибок с заданной точностью в расширенном блоке, содержащем все накопленные значения исходного блока кода с обнаружением ошибок.

3. При изменении условий применения (повышения требований к времени доведения информации, изменение условий использования обратного канала, снижение качества прямого канала и т.п.) предусмотрен переход к использованию кода в режиме прямого исправления ошибок, для чего увеличивается избыточность кода. Кодовые блоки с исправленными ошибками выдаются потребителю без повторения кодовые блоки с неисправленными ошибками или фрагменты этих блоков с ошибками повторяются по запросу.

4. Для работы по симплексному каналу используется исправление ошибок тем же кодом. В зависимости от качества канала и требуемой надежности доведения информации набирается число повторений кодированного сообщения. Декодирование выполняется как для отдельных кодовых блоков, так и для блока расширенного кода, содержащего все значения одноименных повторенных кодовых блоков.

Рассмотрим возможность использования для целей унификации стохастических q -ичных кодов с исправлением ошибок, оценим получаемые характеристики обмена информацией при использовании этих кодов.

Построение стохастических q -ичных кодов. Элементом кода является отрезок двоичной последовательности длиной ℓ . Величина ℓ выбирается исходя из требуемой вероятности ошибки декодирования.

$$\ell \sim P_{ош}$$

Кодирование стохастического кода выполняется в два этапа. На первом этапе с помощью двоичного (n, k) -кода с проверочной матрицей H формируются $n - k$ - избыточных q -ичных символов. На втором этапе выполняется стохастическое преобразование каждого из n q -ичных символов под воздействием квазислучайной последовательности длиной ℓ для каждого символа.

В качестве примера будем рассматривать $(8,4)$ - код с проверочной матрицей:

$$H = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Декодирование стохастического кода выполняется в три этапа:

1. Обратное стохастическое преобразование каждого из n q -ичных символов. Если некоторый q -ичный символ искажен в канале, то после обратного преобразования каждый из ℓ его двоичных символов оказывается искажен или не искажен с вероятностью 0,5.

2. Локализация правильно принятых q -ичных символов с помощью $2^{n-k} - 1$ проверочных соотношений, из которых $n - k$ соответствуют строкам матрицы H , а остальные являются линейными комбинациями первых. Если соотношение выполняется (сумма входящих в соотношение q -ичных символов дает комбинацию из ℓ нулей), то входящие в него символы считаются принятыми верно (локализованными).

3. Исправление нелокализованного символа α_i состоит в выборе такого проверочного соотношения, в которое, кроме α_i входят только локализованные или уже исправленные символы.

Значение исправляемого q -ичного символа равно сумме по модулю 2 известных символов, входящих в соотношение.

Рассматриваемые стохастические коды обеспечивают полное исправление ошибок до кратности t_r включительно и некоторую долю ошибок большей кратности. Кроме того, при кратности ошибки, большей t_r , локализуется и исправляется некоторая часть символов кода.

Список литературы

[1] Горбунов А.К. Эпсилон-энтропия и скорость создания сообщений без предвосхищения и с прогнозом. Наука, техника и образование, 2015, №1.

[2] Хворостов В.И., Горбунов А.К., Хворостова Н.Н., Силаева Н.А. Физико-технологические особенности применения имитирующих структур в газоразрядных лазерных датчиках. Научно-технологические исследования, 2012, №10, с. 34-39.

[3] Лысенко Л.В., Горбунов А.К., Шаталов В.К., Лысенко А.Л., Овчаренко И.Н. Энерго-технологическая интерпретация основного закона динамики. Научно-технологические исследования, 2014, №08, с. 55-58.

[4] Горбунов А.К., Коржавый А.П., Лысенко Л.В., Лысенко А.Л., Шаталов В.К. Элементы теоретических основ природоподобных процессов. Научно-технологические исследования, 2015, №06, с. 52-57.

[5] Горбунов А.К., Пинскер М.С. Эпсилон-энтропия с задержкой гауссовского зашумленного сообщения. Проблемы передачи информации, 1998, №3, с. 18-23.

[6] Горбунов А.К. Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратичной оценке воспроизведения. Труды МГТУ, сборник статей. Сер. «Труды МГТУ/ Московский гос. Технический университет им. Н.Э.Баумана» ред. кол.: А.В.Царьков (гл.ред.) и др. Москва, 2010, с. 35-37.

Чекалова Виталина Витальевна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: vita.chekalova@yandex.ru

Амеличев Глеб Эдуардович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

И.А. Кондраев, А.К. Горбунов

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИЗБЫТОЧНОСТИ ПРОЦЕССОРОВ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Постановка задачи. В ряде областей применения к безотказности вычислительных процессов предъявляются повышенные требования. Под вычислительным процессом (ВП) здесь и дальше понимается процесс получения выходных данных из входных на аппаратуре ЭВМ под управлением программы. Увеличение надежности ВП введением аппаратурной избыточности (дублирование, троирование) связано со значительным повышением стоимости, веса и габаритов аппаратуры, не позволяет без существенных конструктивных изменений уже эксплуатируемых вычислительных систем повышать их надежность.

Весьма перспективным является использование «естественной» избыточности аппаратуры процессора, идея которой заключается в организации исполнения программы ВП при возникновении устойчивых отказов каких-то блоков процессора на оставшихся исправными блоках. Наиболее просто поставленная задача решается созданием и использованием специальных программ обработки прерываний устойчивых отказов аппаратуры. Эти программы хранятся в памяти микропрограмм процессора наряду с микропрограммами системы команд.

Возможные способы реализации «естественной» избыточности. Предложены и исследованы следующие способы использования «естественной» избыточности:

1. Программная модель функций узла, блока или устройства ЭВМ реализуется в виде отдельного модуля и этот программный модуль используется каждый раз, когда при функционировании аппаратуры требуется включение отказавшего устройства.

2. Стохастическое программирование – заключается в повторном решении задачи при случайном изменении условий. Например, если при выполнении операции сложения возникает не устраняемый повторным исполнением сбой сумматора, правильный результат может быть получен сложением сдвинутых операндов и обратным сдвигом результата. При возникновении устойчивого отказа типа «константный ноль» или «константная единица» в сумматоре получающаяся погрешность вычислений может быть снижена до приемлемого уровня с помощью следующего алгоритма. На вход сумматора подаются сдвинутые на Кразрядов влево или вправо операнды и складываются. Полученный результат сдвигается в обратную сторону и затем усредняется по сложениям. Погрешность полученного результата не превосходит $1/n$.

3. Использование избыточности системы команд(микрокоманд). Данный способ основан на том, что если рассматривать операции ЭВМ как операции К-значной логики, где К- количество значений представляемых в ЭВМ чисел, то, пользуясь системами Уэбба или Россера, все операции могут быть сведены к простейшим – к операции сравнения и к операции прибавления единицы, который могут быть выполнены с использованием минимального количества аппаратуры. Если на аппаратуре сохранилась возможность реализации только части операций, на их основе можно выполнить остальные. Например, если процессор в системе микрокоманд имеет такие $(Y) \leftarrow (A) + (X); (X) \leftarrow I; (Y) \leftarrow (A) + I$; то микропрограмма $(Y) \leftarrow (A) + I$ при невозможности её исполнения из-за устойчивого отказа операционной части процессора, может быть резервирована эквивалентной цепочкой $(X) \leftarrow I, (Y) \leftarrow (A)I + (X)$. Та же идея может быть использована и для защиты микропрограмм.

Литература

[1] Горбунов А.К., Хворостов В.И., Хворостова Н.Н., Силаева Н.А. Физико – технологические особенности применения имитирующих структур в газоразрядных лазерных датчиках // Научноёмкие технологии. – 2012. – Т. 13, № 10. – С. 34-39.

[2] Лысенко Л.В., Горбунов А.К., Шаталов В.К., Лысенко А.Л., Овчаренко И.Н. Энерго – технологическая интерпретация основного закона динамики // Научноёмкие технологии. – 2014. – Т. 15, № 08. – С. 55-58.

[3] Горбунов А.К., Коржавый А.П., Лысенко Л.В., Лысенко А.Л., Шаталов В.К. Элементы теоретических основ природоподобных процессов // Научноёмкие технологии. – 2015. – Т. 16, № 06. – С. 52-57.

[4] Горбунов А.К., Пинксер М.С. Эпсилон – энтропия с задержкой гауссовского зашумленного сообщения // Проблемы передачи информации. – 1988. – Т. 24, № 3. – С. 18-23.

[5] Горбунов А.К. Эпсилон – энтропия с задержкой при малой среднеквадратичной оценке воспроизведения // Труды МГТУ, сборник статей. Сер. «Труды МТУ / Московский гос. Технический университет им Н.Э. Баумана» ред. кол.: А.В. Царьков (гл. ред.) и др. – М.: 2010. – С. 35 – 37.

Кондраев Иван Александрович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ivan.kondraev@yandex.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

И.И. Елисеев, А.К. Горбунов

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЛОЖНЫХ СИГНАЛОВ В КАНАЛЕ С МНОГОЛУЧЕВОСТЬЮ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Использование сложных сигналов в канале с многолучевостью позволяет осуществить суммирование лучей, приходящих в точку приема различными путями, с целью повышения верности приема информации. Однако помехоустойчивость приемника сложных сигналов, определяемая помехоустойчивостью синхронизации, при этом не улучшается, поскольку в процессе синхронизации по каждому лучу, предшествующем сложению, остальные лучи представляют собой структурные помехи.

Одним из путей повышения помехоустойчивости синхронизации сложных сигналов в условиях многолучевости является параллельная обработка всей области неопределенности сигнала с суммированием лучей до принятия решения об обнаружении. При этом, поскольку число лучей в точке приема заранее неизвестно и может изменяться во времени, необходимо обеспечить перестройку порога обнаружения в зависимости от числа суммируемых лучей.

Пусть область неопределенности сложного сигнала разбита на N зон, подлежащих анализу, и пусть в процессе анализа выбрано n наиболее сильных сигналов. Если полезного сигнала на входе приемника нет, то произошел выбор n наибольших значений помехи. Причем в отсутствие полезного сигнала на входе приемника множество сигналов $\{S_{ij}\}$ на выходах N параллельных каналов обработки можно рассматривать как однородную совокупность случайных величин. Распределение суммы n наибольших из них

$$F_{\Sigma}^{(n)}(y) = \int_{\Omega} \dots \int P_{(N-n+1)\dots n}(x_1, \dots, x_n) dx_1 \dots dx_n, \quad (1)$$

где

$$\Omega = \{0 \leq x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_n < \infty; y = \sum_{i=1}^n x_i\},$$

$$P_{(N-n+1)\dots n}(x_1, \dots, x_n) = \frac{N!}{(N-n)!} F^{N-n}(x_1) \prod_{i=1}^n p(x_i) -$$

совместная плотность вероятности n наибольших из множества N случайных величин, имеющих распределение

$$F(x) = \int p(x) dx.$$

Если $F(x)$ – рэлеевское или χ -квадрат распределение, то при больших значениях аргумента

$$F_{\Sigma}^{(n)}(y) \approx F^{N-n+1}\left(\frac{y}{n}\right). \quad (2)$$

Порог обнаружения H , пропорциональный выборочному среднему из множества N сигналов

$$H = \frac{K}{N} \sum_{i=1}^N S_i, \quad (3)$$

Приближенно описывается распределением

$$F_k(y) \approx F(y/k), \quad (4)$$

где $K=K(\alpha, n, N)$ – коэффициент пропорциональности, зависящий от вероятности ложного обнаружения α , числа слагаемых n и числа зон неопределенности N .

Коэффициент K находим из уравнения

$$1 - F_{\Sigma}^{(n)}(H_{\alpha}) = F_H(H_{\alpha}), \quad (5)$$

где H_{α} – порог, соответствующий вероятности ложного обнаружения α .

Используя (2) и (4), получаем уравнение

$$1 - F^{N-n+1}(H_{\alpha}/n) = F(H_{\alpha}/n), \quad (6)$$

решение которого целесообразно производить численными методами при подстановке конкретного вида распределения $F(x)$. В результате получается семейство кривых, из которого выделяем зависимость $K(n)$ при фиксированных параметрах α и N .

Число слагаемых n определяется в процессе упорядочения множества $\{S_{ij}\} : S_1 \leq S_2 \leq \dots \leq S_N$.

Причем правило отбора n наибольших сигналов должно учитывать особенности канала (разброс лучей по интенсивности, отношение сигнал-помеха отдельных лучей). Например, в качестве признака определения числа n можно установить условия

$$S_{i-1}/S_i \geq m_1 \text{ или } S_N/S_i \geq m_2,$$

то есть уровень свертки помехи в пустой зоне на заданную величину ниже уровня свертки сигнала наиболее слабого (при небольшом различии интенсивности лучей) или наиболее сильного из лучей (при большом различии лучей производится выбор только наиболее сильных). Если число лучей l в канале велико (гидроакустические каналы), то для упрощения алгоритма можно зафиксировать число слагаемых n ($n < l$), используя априорные данные о канале.

Таким образом, решение об обнаружении сигнала выносится по сумме нескольких наиболее мощных лучей, что позволяет в некоторых случаях скомпенсировать потерю помехоустойчивости поиска и синхронизации, обусловленную взаимным мешающим воздействием лучей. Произведен расчет условий, при которых возможно получение выигрыша по помехоустойчивости при обнаружении многолучевого сигнала со сложением лучей на этапе поиска по сравнению с «однолучевой» обработкой.

Список литературы

[1] *Лысенко Л.В., Горбунов А.К., Коржавый А.П., Шаталов В.К., Лысенко А.Л.* Некоторые подходы к разработке энергосберегающих технологий, основанных на транспортных формах переноса момента импульса // Научные технологии. – 2013. – Т. 14, № 7. – С. 20-25

[2] *Лысенко А.Л., Горбунов А.К., Грачев В.В., Буланов А.В.* Физико-химические процессы в технологии вакуумирования при сжигании порошка титана в среде азота // Научные технологии. – 2008. – Т. 09, № 10. – С. 25-31

[3] *Горбунов А.К.* Эпсилон-энтропия с прогнозом // Проблемы передачи информации. – 2009. - № 45. – С. 12

[4] *Горбунов А.К., Пинскер М.С.* Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратической ошибке воспроизведения // Проблемы передачи информации. – 1987. – Т. 23, № 2. – С. 3-8

[5] *Горбунов А.К.* Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратической ошибке воспроизведения // Труды МГТУ, сборник статей. Сер. «Труды МГТУ/Московский гос. Технический университет им. Н.Э. Баумана» ред. кол.: А.В. Царьков (гл. ред.) и др. – М.: 2010. – С. 35-37.

Елисеев Игорь Игоревич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: igor.eliseev.97@yandex.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

А.Р. Крицкая, А.К. Горбунов, М.М. Лысенко

К ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ НА БАЗЕ УРАВНЕНИЯ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Знания человека представляют собой потоки информационной субстанции: внутренний (кинетический) – циркуляция уже имеющейся у человека информации; внешний (транспортный) – циркуляция информационных потоков различных информационных систем (учебной, культурной, субкультурной, глобальной цифровой и т.д.). Информационные потоки подразделяются на транспортные и кинетические. Кинетика знания (его преобразование) происходит в результате осознанной самостоятельной или организованной работы человека с внутренними и внешними потоками информации. Библейская мудрость «кто имеет уши слышать, да слышит» несет две смысловые концепции. Первая – это транспортная технология информации, которая определяется наличием соответствующих органов чувств. Вторая – кинетическая составляющая определяется преобразованием (пониманием) информационного потока. Потоки различных субстанций комплексно рассматриваются в энерготехнологических процессах.

Энерготехнологические процессы – это процессы, сопровождающие транспортировку и преобразование субстанций. При этом энерготехнологические процессы в экспериментальной физике рассматриваются как преобразование вещества, энергии и момента импульса с диффузионно-кинетическими этапами.

В основе энерготехнологических процессов лежит феноменологическое уравнение

$$L = - \frac{A\Phi T}{A\Phi^2 + T}, \quad (1)$$

где L , A , Φ , T – безмерные комплексы.

Из феноменологического уравнения следуют известные зависимости:

- закон всемирного тяготения;
- основной закон динамики Ньютона;
- уравнение для вязких жидкостей Ньютона;
- закон Кулона для электрических и магнитных зарядов;
- уравнение теплопроводности Фурье;
- уравнение Гука;
- уравнение диффузии Фика;
- безразмерное число Рейнольдса;
- аналогия Рейнольдса;
- уравнения кинетики вещества.

А также неизвестные взаимозависимости, такие как:

- уравнение кинетики случайных событий;
- уравнение кинетики электрического заряда;
- уравнение аналогии энтропии и времени;
- уравнение кинетики магнитного заряда;
- уравнение кинетики импульса;
- уравнение кинетики момента импульса;
- уравнение транспортировки момента импульса;
- уравнение потока вероятности.

В практике профессионального образования скорость усвоения (преобразования) информации определяется как внешними (организационными, методическими, педагогическими), так и внутренними (личностными, психолого-эмоциональными) факторами и является достаточно субъективным параметром. В отличие от кинетики вещества, понимаемого как «исчезновение одной формы субстанции и образование другой формы субстанции.» [1-7], кинетика знания не предусматривает исчезновение базовой формы знания, а оставляет ее, как основу для вариативности способов преобразования. Формируется лишь другая нейронная цепочка нового знания, а старая остается.

Транспортировка и преобразование информационной субстанции неразрывно связана с перечисленными выше уравнениями и понятиями. Покажем некоторые следствия из вышеприведенного феноменологического комплекса. Особое внимание необходимо уделять кинетике знаний, которая определяет переход от транспортных технологий (поверхностных знаний) к кинетическим (гносеологическим) информационным процессам.

Как было показано ранее [4-11] основными энерготехнологическими параметрами (применительно к потокам информации) являются кинетика знаний, остаточные (равновесные) концентрации знаний, их концентрационные напоры, градиенты концентраций, константы скорости кинетических преобразований.

При выводе транспортного уравнения переноса знаний (транспортного потока информации) в феноменологическом уравнении природоподобных процессов [2-4] необходимо принять следующие безразмерные комплексы

$$L_k = \tau / \Delta(\rho W) \times (K_k \times \nu)^{0,5}, \quad (2)$$

$$\Phi_k = \Delta X_k \times (K_k / \nu)^{0,5}, \quad (3)$$

$$T_k = (\Delta X_k \times V_{\max} / \nu) + 1, \quad (4)$$

$$A_k = \frac{\Delta I_k}{\Delta X_k}. \quad (5)$$

Исходное феноменологическое уравнение будет иметь следующий вид

$$L_k = -A_k \times \Phi_k \times T_k / (A_k \times \Phi_k^2 + T_k). \quad (6)$$

При условии перехода в транспортную область $A_k \times \Phi_k \rightarrow \infty$, а также исключении турбулентной компоненты $V_{\max} = 0$, феноменологическое уравнение (6) упрощается

$$L_k = -1 / \Phi_k. \quad (7)$$

После подставок и преобразования получим классическое уравнение переноса субстанции (знаний)

$$\tau = -v \cdot \text{grad}(\rho W). \quad (8)$$

При выводе кинетических уравнений процессов преобразования знаний в феноменологическом уравнении (1) необходимо принять $T \rightarrow \infty$.

В этом случае феноменологическое уравнение имеет вид:

$$L_k = -A_k \Phi_k. \quad (9)$$

После подставок и преобразований имеем уравнение кинетики

$$\frac{d(\rho W)}{dt} = -K_k \Delta(\rho W). \quad (10)$$

Дадим физический смысл уравнению кинетики. Уравнение кинетики обеспечивает в законе сохранения субстанций процесс исчезновения (преобразования) одной формы субстанции в другую. Формы физических субстанций, в том числе и информационных, как природные процессы, многообразны.

Выводы.

Представлен математический аппарат по исследованию информационных потоков, позволяющий анализировать и прогнозировать формы физических субстанций. При этом рассматривается кинетика знания (его преобразование), которая происходит в результате осознанной самостоятельной или организованной работы человека с внутренними и внешними потоками информации.

Список литературы

[1] *Лысенко Л.В., Буланов А.В., Лысенко А.Л., Шишкин В.А.* Оценка кинетики энерготехнологических процессов. Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы. Сб. науч. тр. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2004. с. 46-49.

[2] *Лысенко Л.В., Горбунов А.К., Коржавый А.П., Шаталов В.К., Лысенко А.Л.* Некоторые подходы к разработке энергосберегающих технологий, основанных на транспортных формах переноса момента импульса. Наукоемкие технологии, 2013, Т.14. № 7, с. 20-25.

[3] *Лысенко Л.В.* Теоретические основы конструкторских оценок энерготехнологических процессов. Москва, Энергоатомиздат, 1997, 66 с.

[4] *Горбунов А.К., Коржавый А.П., Лысенко Л.В., Лысенко А.Л., Шаталов В.К.* Элементы теоретических основ природоподобных процессов. Наукоемкие технологии, 2015, № 6, с. 52-57.

[5] *Шаталов В.К., Лысенко Л.В.* Теория диффузионно-кинетической модели при микродуговом окислении. Коррозия: материалы, защита, 2006, № 10. с. 40-42.

[6] *Лысенко Л.В., Шаталов В.К.* Параметры и безразмерные комплексы, обобщающие энерготехнологические процессы. Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы. Сб. науч. тр. Москва, Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000, с. 25-30.

[7] *Gnedenkov S.V., Gordienko P.S., Lysenko L.V., Sinebryukhov S.L., Khrisanova O.A., Skorobogatova T.M., Minaev A.N., Blinnikov O.V.* Effect coatings formed on titanium by microarc oxidation on the intensity of the salt deposition process. *Физика и химия обработки материалов*, 1997, № 2, с. 65-69.

[8] *Крицкая А.Р.* Некоторые концептуальные основы самообразования обучающихся. *Вопросы философии*, 2013, № 5, с. 70-74.

[9] *Богомолова М.Р., Крицкая А.Р.* Психологическая безопасность образовательной среды и характер общения ее участников. *Научный альманах*, 2015, № 8(10), с. 1498-1502.

[10] *Крицкая А.Р.* Формирование готовности студентов среднего профессионального учебного заведения к самообразованию. Дис. на соискание ученой степени кандидата педагогических наук. Калуга, 2007, 230 с.

[11] *Крицкая А.Р., Белов Ю.С.* К вопросу о формировании остаточных знаний и педагогических измерительных материалов для их контроля в техническом университете. *Гуманитарный вестник*, 2015, вып. 10. URL: <http://hmbul.ru/catalog/edu/pedagog/303.html> (дата обращения 04.11.2016).

Крицкая Анна Рудольфовна – канд. пед. наук, доцент кафедры "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: anna_kritskaya69@list.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

Лысенко Мария Михайловна – преп. КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

В.И. Кодубенко, А.А. Юдаева, А.К. Горбунов

КАНАЛ С ЗАШУМЛЕННОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Многие способы передачи сообщений с решающей обратной связью (ОС) неустойчивы по отношению к ошибкам в каналах ОС: при искажении сигналов ОС на выходе декодера возникают специфические ошибки синхронизации – вставки или выпадения сообщений. В докладе рассматривается задача построения способов, позволяющих автоматически, без какого-либо маркирования сообщений, обнаруживать и исправлять такие нарушения синхронизации.

Исследован при идеальной ОС способ передачи сообщений по каналам с решающей ОС, основанный на совместном использовании принципов сверточного и блочного кодирования. Можно показать, что для этого способа появление ошибок в канале ОС приводит к длинным сериям запросов. В настоящей работе показано, что это свойство нельзя использовать для надежной защиты от последствий ошибок в канале ОС при алгоритме передачи и предложена модификация этого алгоритма, позволяющая исправлять вставки и выпадения сообщений.

Дадим необходимые определения и пояснения к способу передачи.

Прямой канал без памяти с входным алфавитом $\{X\}$ и выходным $\{\tilde{X}\}$, задается матрицей переходных вероятностей $\{p(x|\tilde{x})\}$. Канал ОС без памяти с двоичными входными $\{Y\}$ и выходными $\{\tilde{Y}\}$, алфавитами позволяет передать без задержки один сигнал ОС на каждые n символов в прямом канале и задается матрицей $\{p(y|\tilde{y})\}$.

Для передачи используется сверточный код с длиной кодового ограничения ν , скоростью $R = (\ln M) / n$, задаваемый в виде решетчатой диаграммы-решетки. Из каждого узла решетки исходят M ребер, каждому ребру приписана n – последовательность символов алфавита $\{X\}$ – подблок. Передается полубесконечная последовательность сообщений U_1, U_2, \dots , равновероятно выбираемых из алфавита $\{G\}$, $|G| = M$. Кодер и декодер располагают накопителями, состоящими из M – ичных ячеек памяти для хранения сообщений и их оценок.

Кодер вычисляет по правилу $f(u_i | \bar{S}_i)$ очередной подблок $\bar{x}_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in})$ используя сообщение u_i и ранее переданные $u_{i-1} \dots u_{i-\nu}$. $\bar{S}_i = u_{i-1} \dots u_{i-\nu}$. Состояние \bar{S}_i определяет номер узла на ярусе, а сообщение u_i – выбор одного из M ребер, исходящих из узла. Соответствующий этому ребру подблок \bar{x}_i выдается в канал. В начале передачи $\bar{S}_i = 0$. При получении подтверждения сообщение u_i помещается в накопитель и кодер переходит в новое состояние \bar{S}_{i+1} , сообщение $u_{i-\tau}$ покидает накопитель, по очередному сообще-

нию u_{i+1} формируется и выдается новый подблок x_{i+1} . При получении запроса кодер переходит в состояние \bar{S}_{i+1} и повторяет передачу сообщения u_{i-1} .

Декодер вычисляет очередную оценку сообщения \tilde{U}_i по подблоку \tilde{x}_i , декодируя его на множестве слов блокового кода, образованного ребрами кодовой решетки, исходящими из некоторого узла. Номер этого узла на ярусе определяется по предыдущим оценкам $\tilde{U}_{i-1}, \dots, \tilde{U}_1$, хранящимся в накопителе и образующим оценку состояния кодера \tilde{S}_i . В начале передачи $\tilde{U}_1 = \dots$. При декодировании по правилу $\varphi(\tilde{U}_{i-1}, \dots, \tilde{U}_1)$ возможны отказы от принятия решений. В этом случае из накопителя декодера удаляется оценка \tilde{U}_{i-1} , декодер возвращается к предыдущему состоянию \tilde{S}_{i-1} , по каналу ОС передается запрос. При успешном декодировании по правилу $\varphi(\tilde{U}_{i-1}, \dots, \tilde{U}_1)$ вычисленная оценка заносится в накопитель, декодер переходит в состояние \tilde{S}_{i+1} , по каналу ОС передается подтверждение. Сообщение \tilde{U}_i выдается получателю из накопителя декодера как только будут вычислены τ следующих оценок $u_{i+1} \dots u_{i+\tau}$.

При таком алгоритме кодер и декодер «перемещаются» по кодовой решетке: вперед при успешной передаче и назад при обнаружении ошибки. Покинувшие накопители сообщения и недоступные поэтому кодеру и декодеру полагаются нулевыми.

Список литературы

[1] *Хворостов В.И., Горбунов А.К., Хворостова Н.Н., Силаева Н.А.* Физико-технологические особенности применения имитирующих структур в газоразрядных лазерных датчиках. - Научные технологии, 2012. Т. 13. № 10. С. 34-39.

[2] *Лысенко Л.В., Горбунов А.К., Шаталов В.К., Лысенко А.Л., Овчаренко И.Н.* Энерго-технологическая интерпретация основного закона динамики. - Научные технологии, 2014. Т. 15. № 08. С. 55-58.

[3] *Горбунов А.К., Коржавый А.П., Лысенко Л.В., Лысенко А.Л., Шаталов В.К.* Элементы теоретических основ природоподобных процессов. - Научные технологии, 2015. Т. 16. № 06. С. 52-57.

[4] *Горбунов А.К., Пинскер М.С.* Эпсилон-энтропия с задержкой гауссовского зашумленного сообщения. - Проблемы передачи информации, 1988. Т. 24. № 3. С.18-23.

Кодубенко Виктория Игоревна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: vkodubienko@yandex.ru

Юдаева Анастасия Алексеевна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: anast.yudaeva@yandex.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

М.С. Фетисов, Р.А. Стамов, И.Н. Радченко

КВАНТОВОМЕХАНИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ УНРУ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Эффект Унру, или излучение Унру – предсказываемый квантовой теорией поля эффект наблюдения теплового излучения в ускоряющейся системе отсчёта при отсутствии этого излучения в инерциальной системе отсчёта. Другими словами, ускоряющийся наблюдатель увидит фон излучения вокруг себя, даже если неподвижный наблюдатель не видит ничего.

Б. Унру (Университета Британской Колумбии, 1976 г.) показал, что понятие о вакууме зависит от движения наблюдателя сквозь пространство–время [1]. Если вокруг неподвижного наблюдателя находится только вакуум, то ускоряющийся наблюдатель увидит обнаружит вокруг себя множество частиц, находящихся в термодинамическом равновесии (тёпловой газ). Вообще говоря под физическим вакуумом в квантовой физике понимают низшее (основное) энергетическое состояние квантованного поля, обладающее нулевыми импульсом, моментом импульса и другими квантовыми параметрами с минимально возможными значениями. Квантовая теория поля (КТП) утверждает, что, в согласии с принципом неопределённости, в физическом вакууме постоянно рождаются и исчезают виртуальные частицы: происходят так называемые нулевые колебания полей.

КТП – наиболее фундаментальная физическая теория, которая представляет частицы и их взаимодействия, как колебания квантового поля. Квантовая механика является частным случаем КТП для нерелятивистских скоростей, а классическая теория поля следует из КТП, если постоянную Планка устремить к нулю. Понятие квантового поля возникло в результате развития представлений о классическом поле и частицах и синтеза этих представлений в рамках квантовой теории. С одной стороны, квантовые принципы привели к пересмотру классических взглядов на поле, как на *непрерывно* распределённый в пространстве объект - возникло представление о *квантах поля*. С другой стороны, частице в квантовой механике сопоставляется $\psi(x,t)$ - волновая функция, квадрат модуля амплитуды которой ($|\psi|^2$) определяет вероятность обнаружения частицы в точке (x, t) пространства-времени. В результате с каждой материальной частицей оказалось связано новое поле – поле амплитуд вероятности.

Квантовое поле является наиболее фундаментальной и универсальной формой материи, лежащей в основе всех её проявлений. С ним, в частности, связаны два различных, но очень схожих явления: эффект Унру и излучение Хокинга [2].

При эффекте Унру «тепловая атмосфера» ускоренного наблюдателя состоит из виртуальных частиц теплового газа, и если такая виртуальная

частица поглощается ускоренным наблюдателем, то соответствующая античастица становится реальной и доступна для детектирования инерциальным наблюдателем. При этом ускоренный наблюдатель теряет часть своей энергии. В случае эффекта Хокинга для «чёрных дыр», появляющиеся при ускоренном движении частицы «тепловой атмосферы» являются реальными и наблюдаемыми, и независимо от их поглощения наблюдателем уносят массу (энергию) «чёрных дыр».

Принцип работы «невозможного» двигателя EmDrive. Идея двигателя EmDrive в начале 2000-х была высказана британским инженером Р.Шойером, который предположил, что отражающиеся внутри двигателя электромагнитные волны будут создавать тягу без каких-либо реактивных компонентов. Это противоречило фундаментальному закону сохранения импульса. Но, начиная с 2008 года появились сообщения от нескольких японских ученых и специалистов из НАСА о работе двигателей, созданных по этому принципу.

М. Макалох (Плимутский университет) попытался дать объяснение принципу действия «невозможного» двигателя EmDrive, используя эффект излучения Унру [3]. Для этого учёному пришлось дать объяснение такому фундаментальному понятию физики, как инерция. По его мнению, инерция – это и есть давление излучения Унру на ускоряющееся тело. Согласно расчётам, при очень малых величинах ускорения длина волны излучения Унру получается столь большой, что превышает размеры наблюдаемой Вселенной. Поэтому инерция не увеличивается непрерывно, а квантуется.

Эта теория очень хорошо трактует и другой труднообъяснимый эффект – пролётные аномалии. Пролётная аномалия – это неожиданное увеличение энергии и значительное нерасчётное увеличение скорости (примерно на 13 мм/с) во время гравитационных манёвров космических аппаратов около Земли. Такие пролетные аномалии неоднократно наблюдались: в 1990-м году при пролёте космического аппарата Галилео, созданного для исследования Юпитера и его спутников (увеличение скорости на 4 мм/с); в 1998-м году – космического аппарата NEAR Shoemaker, отправленного в 1996 году к астероиду Эрос (увеличение скорости на 13 мм/с); в 1999-м году – Кассини (на 0,11 мм/с); в 2005-м году – Розетта (на 2 мм/с).

М. Макалох высказал предположение, что эти внезапные скачки скоростей космических аппаратов происходили именно тогда, когда ускорение увеличивалось, и длина волны излучения Унру становилась достаточно малой.

Для объяснения принципа работы EmDrive М.Макалох предположил наличие у фотонов инертной массы, и тогда при соударении со стенками двигателя, они испытывают инерцию. Длины волн излучения Унру в этом случае будут настолько малы, что вполне «помещаются» в коническом корпусе двигателя. При этом, инерция фотонов, отражающихся во все стороны, должна меняться, и для сохранения импульса система должна созда-

вать тягу. Тогда можно предположить, что изменение частоты фотонов или геометрии двигателя позволит менять как величину, так и направление тяги двигателя.

Вычисления, проведенные М. Макалохом, подтверждают, что его теория согласуется с величинами тяги двигателей EmDrive, полученными в экспериментах (по крайней мере, по порядку величин). Предположенная теория может быть в планируемых очередных экспериментах с двигателями EmDrive при размещении диэлектрика внутри полости двигателя, что должно увеличить силу тяги.

В заключение следует отметить, что величины температуры излучения Унру очень малы. Так, например, для величины ускорения, равной ускорению свободного падения, температура излучения Унру составляет величину $4 \cdot 10^{-20}$ К. Но, несмотря на малые величины параметров, эффект Унру имеет важное физико-философское значение, так как позволяет определить важнейшие понятия современной физики.

Список литературы

[1] *Федотов А.М.* Квантовые эффекты, связанные с нестационарностью граничных условий. Дис. ... канд. физ.-мат. наук. Москва, 2001, 115с.

[2] *Фролов В.П.* Черные дыры и квантовые процессы в них. Успехи физических наук. Т. 118, вып. 3: Физика наших дней. Москва, 1976, 35с. URL: http://ufn.ru/ufn76/ufn76_3/Russian/r763d.pdf

[3] Невообразимая тяга. URL: <https://lenta.ru/articles/2016/06/20/emdrive/> (дата обращения 13.03.2017).

Фетисов Михаил Сергеевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: 19fishka96@mail.ru

Стамов Роман Алексеевич – учащийся МБОУ "СОШ № 14". E-mail: Stamov_roma@mail.ru

Радченко Ирина Николаевна – канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: rin-kf@yandex.ru

Е.В. Акимова, А.К. Горбунов

КОНСТРУКЦИЯ БЛОЧНО-СВЕРТОЧНЫХ КАСКАДНЫХ КОДОВ.

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Рассмотрим схему блочно-сверточного каскадного кодирования. Информационную последовательность с нулями на проверочных позициях запишем с помощью D – преобразование, т.е.

$$\begin{aligned} J(D) &= i_0 + i_1 D + i_2 D^2 + \dots + i_{k_2-1} D^{k_2-1} + i_{n_2} D^{n_2} + \dots \\ &= \sum_{i=1}^{k_2} D^{i-1} J_i(D^{n_2}), \end{aligned}$$

где $i_e \in GF(2^{k_2})$

Пусть $n_3 = q - 1$ длина кода Рида-Соломона (РС) над $GF(q)$, где $q = 2^{k_1}$ и пусть n_2 – делитель n_3 . Тогда, если $q(x)$ является порождающим многочленом кода РС с параметрами (n_3, k_3) над $GF(q)$, то q – ичный сверточный код со скоростью $R_2 = \frac{k_2}{k_2} = \frac{k_3}{k_3}$, порождаемый с помощью $G(x) = q(x)$ является некатастрофическим и имеет свободное кодовое расстояние $d_{eb\ 2} = L_2 = n_3 - k_3 + 1$, где L_2 – кодовое ограничение сверточного кода, т.е. число кодовых символов, на которые влияет один информационный символ.

Информационная последовательность (I) кодируется выше описанным сверточным кодом. Обозначим его через $[L_2, R_2, d_{eb\ 2}]$ и назовем кодом второй ступени. $[L_2, R_2, d_{eb\ 2}]$ код является несистематическим постоянным сверточным кодом.

D – преобразование, закодированным кодом второй ступени последовательности можно записать в виде.

$$J(D) = J(D) \cdot G(D) = t_e + t_1 D + t_2 D^2 + \dots + t_{n_2} D^{n_2} + \dots, \quad (2)$$

где $t_e \in GF(2^{k_1})$.

Каждый из символов t_e над $GF(2^{k_1})$ представляется как двоичный вектор длины k_1 и кодируется линейным двоичным (n_1, k_1) блочным кодом первой ступени. Обозначим его через $[n_1, R_1, d_1]$ где $R_1 = \frac{k_1}{n_1}$, - скорость передачи, а d_1 – кодовое расстояние кода первой ступени.

Очевидно, что кодовое ограничение полученного в результате кодирования блочно-сверточного каскадного (БСК) кода

$$L = n_1 \cdot L_2. \quad (3)$$

Обозначим свободное кодовое расстояние БСК кода через d_{eb} .

Утверждение I. Свободное кодовое расстояние d_{eb} блочно-сверточного каскадного кода удовлетворяет соотношению

$$d_{eb} > d_1 \cdot d_{eb\ 2} \quad (4)$$

Обозначим получающийся линейный двоичный несистематический постоянный БСК код через $[L_1, R_1, d_{eb}]$, где $R = R_1 \cdot R_2$ – скорость передачи.

Перейдем теперь к оценке асимптотики кодового расстояния БСК кода. Зафиксируем скорость передачи R . Пусть $n_1 \rightarrow \infty$ и $L_2 \rightarrow \infty$ тогда $L \rightarrow \infty$. При этих условиях получим нижнюю оценку $\delta^{(H)}(R) \leq \frac{d_{eb}}{L}$ которую назовем нижней оценкой свободного кодового расстояния.

Утверждение 2. Свободное кодовое расстояние БСК кода при всех скоростях $0 < R < 1$ ограничена снизу границей Варшамова-Гилберта (ВГ).

Доказательство. Поделим левую и правую часть (4) на L . Тогда с учетом (3) получим

$$\delta^{(H)}(R) = \delta_1^{(H)}(R_1) \cdot \delta_2^{(H)}(R_2), \text{ где } \delta_1 = \frac{d_1}{n_1} \text{ и } \delta_2 = \frac{d_{eb2}}{L_2}. \quad (5)$$

Наилучшая из известных асимптотических оценок (при $n_1 \rightarrow \infty$ достижимого при фиксированной скорости передачи кодового расстояния) является оценка границей ВГ, согласно которой для двоичных кодов

$$R_1 = 1 - H(\delta_{ВГ}),$$

где $\delta_{ВГ} = d_1/n_1$, $0,5 \geq \delta_{ВГ} \geq 0$, $0 \leq R_1 \leq 1$,

$$H(\delta) = -\delta \log_2 \delta - (1 - \delta) \log_2 (1 - \delta). \quad (6)$$

Следовательно, выбирая коды первой степени, удовлетворяющие границе ВГ можно написать

$$\delta_1^{(H)}(R_1) = \delta_{ВГ}(R_1) = p(R_1),$$

где $p(h)$ – функция, обратная функции

$$h(p) = 1 - H(p). \quad (7)$$

Как было указано для описанных выше сверточных кодов $d_{eb2} = L_2$ и, следовательно,

$$\delta_2^{(H)}(R_2) = \frac{d_{eb2}}{L_2} = 1. \quad (8)$$

Отсюда следует, что

$$\delta^{(H)}(R) = \delta_1(R_1) = p(R_1), \quad (9)$$

что и требовалось доказать.

Для задания БСК кода достаточно задать коды первой и второй степени. Следовательно, необходимое для задания БСК кода число операций есть сумма числа операций, необходимого для задания кода первой степени N_1 и числа операций, необходимого для кода второй степени N_2 , т.е.

$$N = N_1 + N_2 \quad (10)$$

Утверждение 3. Если при построении БСК кода выполнены условия $n_3 = 2^{k_1-1}$ и $R_1 \geq \frac{1}{3}$, то необходимое для его задания число операций на некоторой ЭВМ пропорционально квадрату длины кодового ограничения БСК кода, деленному на длину кода первой степени, т.е.

$$N \leq \frac{\beta L^2}{n_1} \quad (11)$$

где β – некоторое постоянное число, зависящее от R_2 .

Список литературы

[1] Горбунов А.К., Лысенко А. Л., Горбунов Е.А. – Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратической ошибке воспроизведения. В сборнике: Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы. – Москва 2004. – С.18–21

[2] Горбунов А.К., Лысенко А. Л., Горбунов Е.А. – Вычисление энтропии с экстраполяцией гауссовского сообщения. В сборнике: Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы. – Москва 2004. – С.30–32

[3] Горбунов А.К., Лысенко А. Л., Горбунов Е.А. – Энтропия и скорость создания сообщений без предвосхищения и с прогнозом. В сборнике: Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы. – Москва 2004. – С.17–19

[4] Горбунов А.К., Чистяков Г.А., Пчелинцева Н.И., Никифоров Д.К. – Получение и использование наноструктур и нанопокровов в атомарных и молекулярных газовых лазерах. Научные технологии. – 2014. – Т.15 – № 10. – С.54–59.

[5] Горбунов А.К. – Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратической оценке воспроизведения. Труды МГТУ сборник статей Сер. «Труды МТУ/Московский гос. Технический университет им Н.Э. Баумана» ред. кол.: Царьков А.В. (гл. ред.) и др. – Москва, 2010. – С.35–37.

Акимова Евгения Владленовна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: akimova.evgeniya.98@yandex.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

И.Ж. Безбах, С.С. Аксенов

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ КАК ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ СРЕДСТВО ПРИ РОСТЕ КРИСТАЛЛОВ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Исследование течений и тепломассопереноса при выращивании кристаллов в последние десятилетия стало весьма актуальным в связи с развитием современных технологий. Поскольку для нужд новых технологий необходимы кристаллы высокого качества (с высоким совершенством структуры и однородным распределением свойств), то встал вопрос о том, как улучшить структуру получаемых кристаллов, воздействуя на процесс кристаллизации. Макро- и микронеоднородности состава и распределение примеси в выращенном кристалле в значительной степени определяются интенсивностью и характером течений в расплаве. Управляя течениями в расплаве, можно существенно влиять на качество выращиваемых кристаллов. Исследованию процессов, происходящих при выращивании кристаллов из расплава, а также возможностей управлению ими, посвящен обширный литературный материал. Авторами хорошо исследован и реализован способ выращивания кристаллов вертикальным методом Бриджмена. В этом случае используется внесение примесей в расплав для достижения требуемых свойств выращиваемых кристаллов.

Методы выращивания монокристаллов элементарных и сложных веществ из расплава имеют ряд преимуществ. Среди них можно отметить: высокую скорость роста, достаточно хорошую воспроизводимость свойств и возможность получения больших монокристаллов.

Одним из наиболее распространенных способов управления течениями в проводящих расплавах является воздействие различными магнитными полями. Известно, что постоянное осевое магнитное поле приводит к подавлению течений в расплаве, а нестационарные поля могут индуцировать течения. Различным может оказаться влияние постоянного и переменного магнитных полей.

Скорость роста кристалла во всех случаях определяется двумя факторами: скоростью образования зародышей кристаллизации и скоростью отвода тепла от фронта кристаллизации. На формирование монокристалла из расплава существенное влияние оказывает и форма фронта кристаллизации, так как рост кристалла всегда происходит в направлении, перпендикулярном фронту кристаллизации. В зависимости от соотношения теплопроводностей жидкой и твердой фаз и материала ампулы, условий нагрева и отвода тепла от расплава и растущего монокристалла, теплоты фазового перехода, наличия конвективных течений фронт кристаллизации может быть вогнутым как в кристалл, так и в расплав. В обоих случаях возможно

формирование неоднородностей примеси, однако плоский или хотя бы выпуклый фронт более предпочтителен, так как в этом случае увеличивается вероятность исчезновения в процессе роста побочных центров кристаллизации. Выращивание монокристаллов в методе Бриджмена типично осуществляется с начальным присутствием монокристаллической «затравки».

Течения в расплаве могут, как улучшать, так и ухудшать однородность распределения примеси в выращиваемом кристалле. С одной стороны, течения, способствуя перемешиванию примеси в расплаве, они повышают однородность ее распределения. С другой стороны, течения в расплаве переносят примесь и способны нарушить однородность распределения примеси в выращиваемых кристаллах, создавая участки в которых имеется локальный избыток либо недостаток примеси. В этом смысле течения вредны и их нужно эффективно подавлять.

С целью подавления течений следует использовать нагреватели (печи), которые создают устойчивую температурную стратификацию в расплаве. В земных условиях такой устойчивой стратификацией является постоянный вертикальный градиент температуры, направленный вверх. На практике существуют факторы, которые нарушают профиль температуры, создаваемый нагревателем. К таким факторам можно отнести, например, наличие ампулы (контейнера, заполненного выращиваемым материалом). Если в системе создается устойчивый вертикальный градиент температуры, конвективные течения не должны возникать. Однако, из-за разницы теплопроводностей твердой и жидкой фаз, выделения тепла при фазовом превращении возникает радиальный градиент температуры, который ведет к появлению течений.

Одним из наиболее эффективных методов управления конвекцией в расплаве проводящих материалов (металлы и полупроводники), является использование различных магнитных полей (см., например, [1–3]). Известно, что использование магнитного поля – это эффективный способ воздействия на движение проводящей жидкости. В литературе имеется большое число работ по применению разнообразных магнитных полей для вертикальной конфигурации метода Бриджмена [4–7].

Влияние постоянного осевого магнитного поля на конвективные течения и сегрегацию примесей при выращивании кристалла вертикальным методом Бриджмена хорошо описывается в литературе, в особенности для расплава германия с галлием, для печи с однородным вертикальным градиентом температуры. Стационарная конвекция, вызванная радиальным градиентом температур, обеспечивает хорошее осевое и радиальное перемешивание, как при наличии магнитного поля, так и без него. Слабое магнитное поле снижает интенсивность конвекции, и эффективность перемешивания примеси. Радиальная сегрегация примеси наибольшая в случае умеренных полей. Сильные поля полностью подавляют течение и ведут к гомогенизации распределения примеси в кристалле и к осевой сегрегации.

Можно сделать вывод, что влияние постоянного магнитного поля на течение полупроводниковых расплавов уже достаточно хорошо изучено, и установлено, что оно может только подавлять имеющиеся течения, и не вызывает иных течений. Представляет интерес исследование воздействия нестационарных магнитных полей, которые могут не только подавлять или интенсифицировать имеющиеся течения, но и индуцировать новые.

Список литературы

[1] *Forth S.A., Wheeler A.A.* Coupled convective and morphological instability in a simple-model of the solidification of a binary alloy including a shear-flow. *Journal of Fluid Mechanics*, 1992, vol. 236, pp. 61–94.

[2] *Ginkin V.P., Folomeev V.I., Naumenko O.M., Papin Yu.M., Zharikov E.V.* Computational and experimental study of thermal fields in Czochralski garnet crystal growth. *Journal of Crystal Growth*, 2005, vol. 275, pp. 21–28.

[3] *Muller G., Neumann G., Weber W.* Natural convection in vertical Bridgman configurations. *Journal of Crystal Growth*, 1984, vol. 70, pp.78–93.

[4] *Naumann R., Lehoczky S.* Effect of variable thermal conductivity on isotherms in Bridgman growth. *Journal of Crystal Growth*, 1983, vol. 61, p. 707.

[5] *Sonda P., Yeckel A., Daoutidis P., Derby J.J.* Improved radial segregation via the destabilizing vertical Bridgman configuration. *Journal of Crystal Growth*, 2003, vol. 260, pp. 263–276.

[6] *Adornato P., Brown R.* Convection and segregation in directional solidification of dilute and non-dilute binary alloys: effects of ampoule and furnace design. *Journal of Crystal Growth*, 1987, vol. 80, pp. 155–190.

[7] *Liang M.C., Lan C.W.* Tree-dimensional convection and solute segregation in vertical Bridgman crystal growth. *Journal of Crystal Growth*, 1996, vol. 167, pp. 320–332.

Безбах Илья Жанович – канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ilya.bezbakh@gmail.com

Аксенов Сергей Сергеевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail aksenovsergey97@mail.ru

МИНИМИЗАЦИЯ ОБУЧАЕМЫХ КОНЕЧНЫХ АВТОМАТОВ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

После обучения автомата A по схеме рис.1 он должен воспроизводить текст Y , совпадающий с текстом U автомата S в ответ на одинаковые входные тексты X . При большой размерности алфавита внутренних состояний n невозможен полный перебор входных ситуаций при обучении. Поэтому неизбежно произвольное задание большей части реакций $X \rightarrow Y$. При этом желательно наилучшим образом угадать реакции системы-учителя $X \rightarrow U$. Приближенное равенство $S(x) = U \cong A(x) = Y$ должно соблюдаться с минимальной погрешностью. Доопределение можно использовать для придания замещаемому автомату свойств (1-3):

1. Ассоциативная выборка. Если автомат A после обучения преобразует текст X в текст Y , то он также должен преобразовывать цитаты или комбинации цитат текста X в соответствующие цитаты для комбинации цитат текста Y . Это свойство достигается, если память внутренних состояний быстро самоочищается от предшествующей информации. Автоматы, инвариантные к начальному состоянию, исследовали В.И. Левенштейн (коды баз занятой) и др.

2. Опознающие свойства. Текст Y или его цитаты воспроизводятся также в том случае, если текст X или его цитаты в определенных пределах отличаются от использованных при обучении.

3. Способность к доучиванию. Выходные реакции Y автомата A определены нулями, если входные тексты отличаются от использованных при обучении больше, чем это определено п.2. При доучивании часть этих нулей заменяется единицами.

Память внутренних состояний $Q = q_1, \dots, q_n$ и символ текста $X = \{x(t)\}$ на которых задана функция переходов $F, Q(t+1) = F(x(t), Q(t))$, в память емкости m , необходимая для формирования функция выходов, в общем случае должны соотноситься как n и 2^n . На схеме замещающего автомата, рис.2, n - это разрядность адреса, по которому записывается текущий символ текста

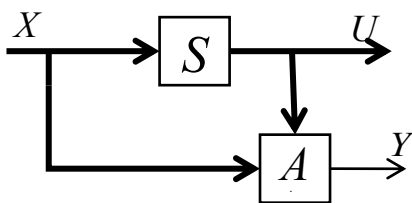


Рис. 1

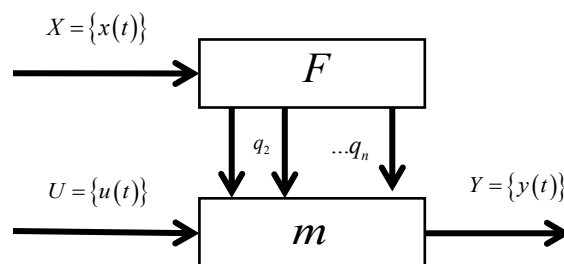


Рис. 2

Функцию выходов удобно извлечь из разложения константы "Т" на константы K_i (каждый член - ячейка памяти), $i=1,2,\dots,m=2^n$ $y = \sqrt{k_i(q_1, \dots, q_n)}$, где лишние члены выявляются при обучении и вычеркиваются (при обращении по адресу $i=Q(t)$ при условии $u(t)=1$).

Литература

[1] *Хворостов В. И., Горбунов А. К., Хворостова Н. Н., Силаева Н. А.* Физико-технологические особенности применения имитирующих структур в газоразрядных лазерных датчиках // *Наукоёмкие технологии.* - 2012. - Т.13.,№10. - С. 34-39.

[2] *Лысенко Л. В., Горбунов А. К., Шаталов В. К., Лысенко А. Л., Овчаренко И. Н.* Энерго-технологическая интерпретация основного закона динамики // *Наукоёмкие технологии.* - 2014. - Т. 15.,№08. - С. 55-58.

[3] *Горбунов А. К., Коржавый А. П., Лысенко Л. В., Лысенко А. Л., Шаталов В. К.* Элементы теоретических основ природоподобных процессов // *Наукоёмкие технологии.* - 2015. - Т.16.,№6. - С. 52-57.

[4] *Горбунов А.К., Пинксер М.С.* Эпсилон – энтропия с задержкой гауссовского зашумленного сообщения // *Проблемы передачи информации.* – 1988. – Т.24., №3. – С. 18-23.

[5] *Горбунов А.К.* Эпсилон – энтропия с задержкой при малой средне-квадратичной оценке воспроизведения // *Труды МГТУ, сборник статей. Сер. «Труды МГУ / Московский гос. Технический университет им Н.Э. Баумана» ред. кол.: А.В. Царьков (гл. ред.) и др. – М.: 2010. – С. 35 – 37.*

Петрова Алина Сергеевна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: alina556petrowa@yandex.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

А.А. Чураков, А.К. Горбунов

МНОГОПРОВОДНОЕ ДЕКОДИРОВАНИЕ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

В системах передачи данных по каналам с гаусовским шумом и большой задержкой распространения одним из наиболее существенных параметров является энергетический выигрыш кодирования (ЭВК), определяемый выбором кода и алгоритмом его декодирования.

Весьма эффективным и в тоже время довольно простым и технологичным является многопроводной декодер (МПД) сверточных кодов, характеристики которого по ЭВК остаются приемлемыми и при достаточно больших уровнях шума. Ниже рассмотрен метод повышения эффективности МПД, при котором оказывается возможным использование кодов с более высоким отношением $\frac{d}{n}$.

Рассмотрим кодер двоичного линейного кода, который первоначально из входной последовательности формирует код $(N, N - I, 2)$ с проверкой на четность. Затем вновь сформированная последовательность поступает на вход кодера блочного или сверточного самоортагонального кода (СОК) 5. Пусть при этом проверки кода выбираются такими, что минимальная разность r между ненулевыми коэффициентами порождающего полинома больше, чем N . В этом случае для СОК с расстоянием d минимальное кодирования расстояние всего кода, будет равно $2d$.

Оценим характеристики получившейся схемы. Известно, что уже при вычислительной скорости канала $R1$, равной кодовой скорости R , то есть в довольно плохом канале МПД работает почти так же эффективно, как и оптимальный декодер (ОД), то есть декодер по максимуму правдоподобия. Это оказывается возможным в связи с тем, что при каждом изменении информационных символов МПД приближается к решению ОД. Допустим, что МПД уже достиг оптимального решения для всего каскадного кода. Пусть на последнем шаге декодирования при обнаружении ошибки во внешнем коде с проверкой на четность изменяется тот информационный символ этого кода, которому соответствовала единственная максимальная сумма проверок. Тогда справедлива ЛЕММА I. Рассмотренный декодер каскадного кода не изменит оптимального решения. Пусть далее МПД пришел к некоторому решению, отличающемуся от единственного оптимального решения для кода в целом в одном информационном символе. Тогда справедлива ЛЕММА II. Рассмотренный декодер исправит эту ошибку и достигнет оптимального для всего каскадного кода решения.

Приведенные результаты позволяют считать, что аналогично обычно-му МПД описанный декодер также устойчив относительно оптимального решения, но уже для всего кода в целом, так как он исправляет редкие одиночные отклонения от этого решения.

Если МПД уже достиг оптимального решения для внутреннего кода и обеспечивает вероятность ошибки на бит $P_b(e)$ такие, что ошибки декодирования могут считаться независимыми, что возможно при небольшом шуме канала, то нижняя оценка вероятности на бит для рассмотренного декодера каскадного кода равна:

$$(N - 1)P_b^2(e). \quad (1)$$

Верхняя оценка при тех же предположениях имеет вид:

$$kNd(1 + P_0/q_0)P \quad (2)$$

где P_0 – вероятность ошибки в ДСК,

$$q_0 = 1 - P_0 \quad (3)$$

d – кодовое расстояние внутреннего кода, K – небольшое число, при типичных значениях параметров каскадного кода меньше, чем 5.

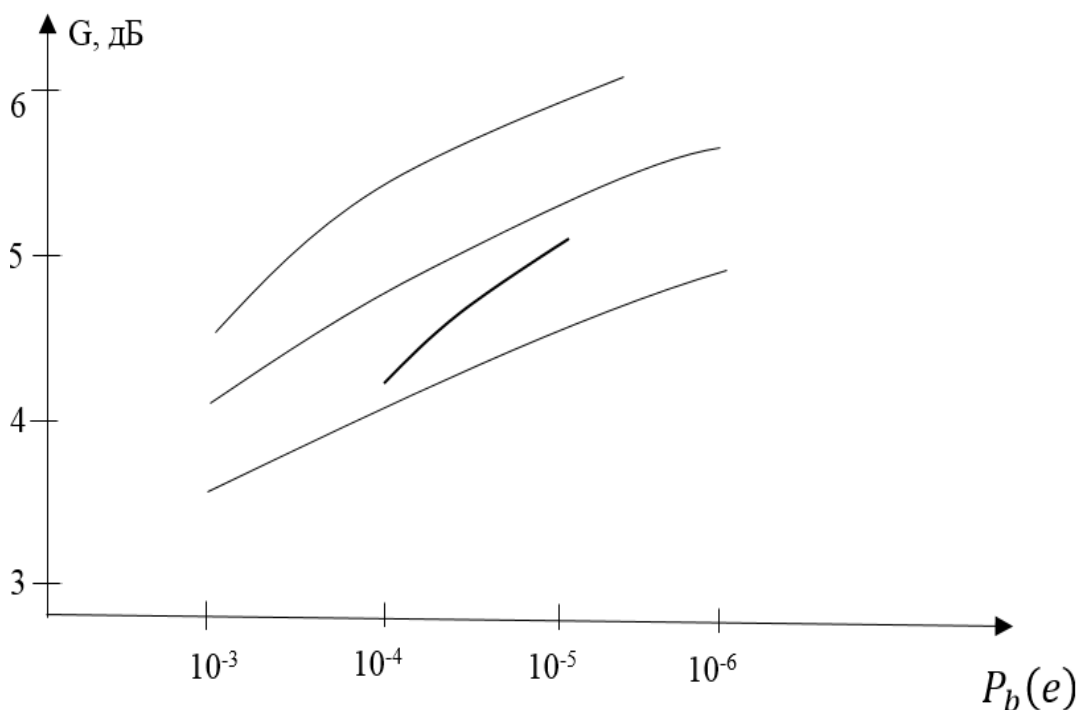


Рис. 1.

Высокая эффективность декодера сохраняется и в некоторой области больших шумов канала. На рисунке представлены кривые зависимости ЭВК от $P_b(e)$ на выходе декодеров: 1 – АВ, $K = 6, R = 1/2$, число уровней квантования $Q = 8$,

$$2 - АВ K = 8 R = \frac{1}{2} Q = 8 \quad (4)$$

$$3 - АВ K = 8 R = \frac{1}{3} Q = 8 \quad (5)$$

4 – каскадный МПД, $R = 0,4, Q = 2$ (результаты моделирования). Каскадный МПД существенно проще, чем АВ, и обладает на порядок более высоким быстродействием.

Литература.

[1] Горбунов А.К., Лысенко А.Л., Горбунов Е.А. Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратической ошибке воспроизведения. Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы. Москва 2004. С. 18-21

[2] Горбунов А.К., Лысенко А.Л., Горбунов Е.А. Вычисление энтропии с экстрополяцией гаусовского сообщения. Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы. Москва 2004. С. 30-32

[3] Лысенко А.Л., Горбунов Е.А., Горбунов А.К. Энтропия и скорость создания сообщений без предвосхищения и с прогнозом. Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы. Москва 2004. С. 17-19

[4] Горбунов А.К., Чистяков Г.А., Пчелинцева Н.И., Никифоров Д.К. Получение и использование нано структур и нанопокровов в атомарных и молекулярных газовых лазерах. Научно-технические технологии. 2014. Т. 15 № 10. С. 54-59

[5] Горбунов А.К. Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратической оценке воспроизведения. Труды МГТУ сборник статей. Сер. «Труды МТУ/Московский гос. Технический университет им. Н.Э. Баумана» ред. кол.: А.В.Царьков (гл. ред.) и др. Москва, 2010. С. 35-37

Чураков Александр Александрович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: jumandj@yandex.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

А.А. Сальникова, А.К. Горбунов

НЕКОТОРЫЕ МЕТОДЫ УСТРАНЕНИЯ ИЗБЫТОЧНОСТИ В КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Проблема устранения избыточности в потоках экспериментальных данных впервые возникли перед специалистами дальней и космической связи, где стоимость канала передачи информации очень высока, а устранение избыточности дает большой положительный эффект.

В данной работе рассматриваются некоторые методы сжатия информации при передаче двумерных массивов данных, воспроизводящих различные изображения, температурные поля, получаемые, например, с помощью метеорологических спутников Земли.

При построении моделей, устраняющих избыточную информацию в экспериментальных данных, используются математические методы планирования эксперимента. В качестве математических зависимостей, описывающих изучаемые процессы, находят широкое применение регрессионные модели, а в качестве метода обработки – метод наименьших квадратов (МНК).

Методику устранения избыточности в двумерном массиве экспериментальных данных рассмотрим на примере построения регрессионной модели второго порядка, описывающей температуру подстилающей поверхности, измеренной с помощью спутника Земли.

В произвольной точке температура определяется следующим уравнением регрессии:

$$T(x_1, x_2) = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2, \quad (1)$$

где x_1 и x_2 есть нормированные координаты по строке и столбцу массива, изменяющиеся в интервале $[-1, +1]$.

Для определения коэффициентов модели с помощью МНК составляют систему уравнений, порядок которой в точности равен количеству искомым коэффициентов. Вследствие нормированности и симметричности координат x_1 и x_2 система алгебраических уравнений существенно упрощается. Все суммы, входящие в левые части уравнений, зависят от размеров двумерного массива, поэтому они могут быть вычислены заранее. Правые части зависят от экспериментальных данных и вычисляются в процессе поступления информации.

Реальные значения температуры участка поверхности Ладожского озера площадью 36×36 кв.км, измеренные с помощью метеорологического спутника Земли. По сторонам массива указаны значения x_1, x_1^2, x_2, x_2^2 , которые остаются неизменными и при обработке других экспериментальных данных для фрагмента выбранного размера.

При поступлении измеренных данных происходит их суммирование в каждой строке, умножение на соответствующие значения координат x_1 и x_2 и запоминание. Эти величины $\mathcal{S}_{1j}, \mathcal{S}_{2j}, \mathcal{S}_{3j}, \mathcal{S}_{4j}, \mathcal{S}_{5j}, \mathcal{S}_{6j}$ приведены в каждой строке справа от массива экспериментальных данных. В процессе обработки эти частичные суммы накапливаются и формируются величины $\mathcal{S}_1 \div \mathcal{S}_6$ представляющие собой сжатый образ исходного двумерного массива информации. Эти величины по каналу связи передаются на приемный пункт, где происходит вычисление коэффициентов регрессии путем решения системы алгебраических уравнений с полученными правыми частями $\mathcal{S}_1 \div \mathcal{S}_6$.

По найденным коэффициентам регрессии пользуясь выражением (1) производят восстановление исходных данных в любой точке.

Регрессионная модель определяет поверхность наилучшего приближения и в данном случае имеет вид:

$$\hat{T}(x_1, x_2) = 5,97 - 1,93x_1 + 4,56x_2 + 0,68x_1^2 + 2,36x_2^2 - 1,29x_1x_2 \quad (2)$$

Для оценки точности модели вычисляют дисперсию воспроизводимости

$$\mathcal{S}_T^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N (T_i - \hat{T}_j)^2,$$

где $T_i - \hat{T}_j$ - разность между экспериментальными и восстановленными значениями температуры в каждой точке. Погрешность модели (СКО) определяется как квадратный корень из оценки дисперсии. Здесь СКО = $1,2^\circ\text{C}$.

Если величина погрешности оказывается больше допустимой, тогда используют модели 3-го и 4-го порядка. При обработке зашумленных данных точность повышается за счет применения линейной и медианной фильтрации.

Метод наименьших квадратов обладает рядом достоинств, обусловивших его широкое применение. Недостатком МНК является значительное количество вычислительных операций при его реализации и возможность плохой обусловленности системы уравнений, при которой коэффициенты модели определяются с низкой точностью.

Применение ортогональных степенных и тригонометрических функций позволяет устранить отмеченные недостатки. При этом для вычисления коэффициентов модели необходимо только определить вид правой части системы уравнений.

В докладе приводятся примеры устранения избыточности при обработке данных с использованием ортогональных функций, дается оценка СКО и коэффициента сжатия информации для моделей различных порядков, рассматривается алгоритм автоматизированного построения изолиний.

При обработке больших массивов информации коэффициент сжатия достигает нескольких десятков, а погрешность – порядка одного градуса.

Список литературы

- [1] *В.И. Хворостов, А.К. Горбунов, Н.Н. Хворостова, Н.А. Силаева.* Физико-технологические особенности применения имитирующих структур в газоразрядных лазерных датчиках. - Научноёмкие технологии, 2012. Т.13.№10.С.34-39
- [2] *Л.В. Лысенко, А.К. Горбунов, В.К. Шаталов, А.Л. Лысенко, И.Н. Овчаренко.* Энерго-технологическая интерпретация основного закона динамики. - Научноёмкие технологии, 2014. Т.15.№08.С.55-58
- [3] *А.К. Горбунов, А.П. Коржавый, Л.В. Лысенко, А.Л. Лысенко, В.К. Шаталов.* Элементы теоретических основ природоподобных процессов. - Научноёмкие технологии, 2015 Т.16№06.С.52-57
- [4] *А.К. Горбунов, М.С. Пинскер.* Эпсилон - энтропия с задержкой гауссовского зашумленного сообщения. - Проблемы передачи информации, 1988. Т.24.№3.С.18-23
- [5] *А.К. Горбунов.* Эпсилон – энтропия с задержкой при малой среднеквадратичной оценке воспроизведения. - Труды МГТУ сборник статей. Сер. «Труды МГТУ/ Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана» ред. кол.: А.В. Царьков (гл.ред.) и др. Москва, 2010 С.35-37

Сальникова Анна Александровна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: hearofletters@yandex.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

М.А. Медведев, А.К. Горбунов

О МЕТОДАХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕСОВЫХ КОЭФИЦИЕНТОВ ДЛЯ ДИСКРЕТНОГО СЛОЖЕНИЯ СИГНАЛОВ, ПРИНЯТЫХ ПО ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ КАНАЛАМ.

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Одним из методов, обеспечивающих повышение надежности связи и достоверности принимаемой информации, является прием по параллельным каналам. Большое распространение получили отличающиеся простой реализации методы дискретного сложения информации и в первую очередь, мажоритарного сложения.

Потери, вызванные переходом от оптимальных схем приема к схемам дискретного сложения, могут быть компенсированы увеличением числа каналов от n до $2n - 1$ при той же мощности сигнала или же частично могут быть скомпенсированы путем использования более эффективного метода весового дискретного сложения.

Исследованы методы назначения весов при поэлементном дискретном сложении. Предлагаются также методы измерения вероятностей необнаруженных ошибок в складываемых копиях при использовании кодов с малой избыточностью. (обнаруживших, но не исправляющих ошибки).

Можно показать, что при поэлементном приеме сообщений по Q параллельным каналам с точки зрения критерия максимального правдоподобия следует выносить решение о переданном знаке при наличии альтернативных версий A и B , принятым по m и n каналам, в соответствии с правилом:

$$\sum_{j=1}^{j=m} K_j(A) > \sum_{j=1}^{j=n} R_j(B), A = B, \quad (1)$$

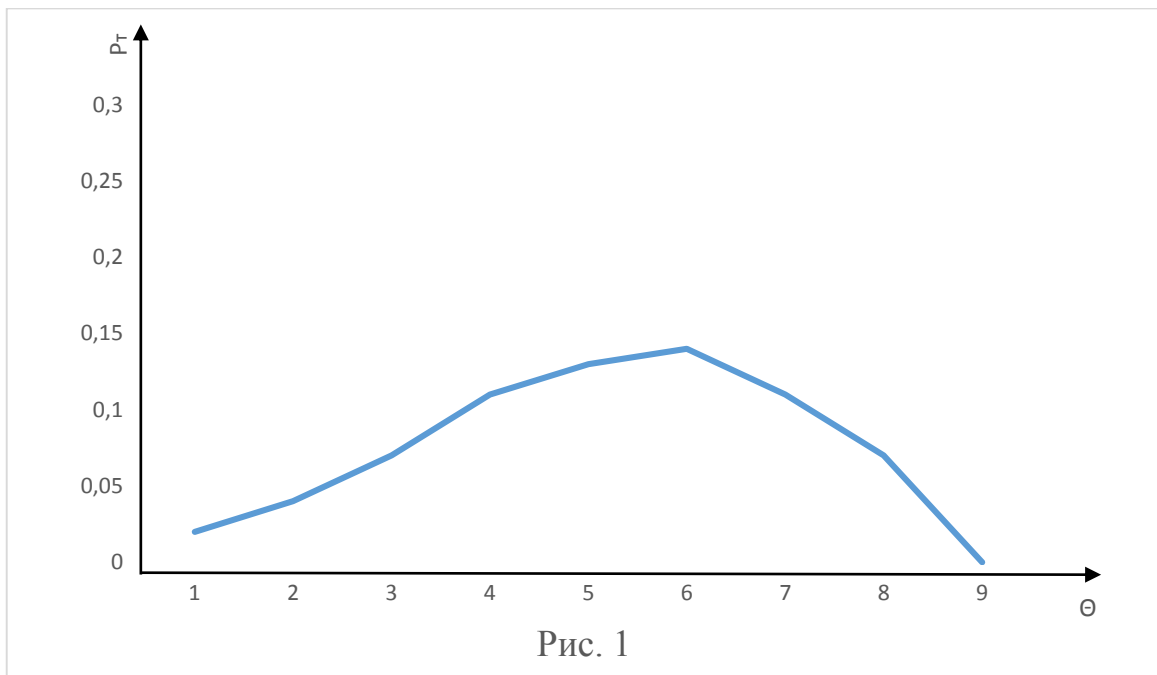
а весовые коэффициенты для j – го канала определяются по формуле:

$$K_j = \frac{\ln \frac{1 - P_{T,j}}{P_{T,j}}}{\ln \frac{1 - P_{T,j \min}}{P_{T,j \min}}} \quad (2)$$

где P_T – вероятность трансформации в j -ом канале. В том случае, если неравенство (1) переходит в равенство (1) в реальной системе приема по параллельным каналам целесообразно отказаться от решения, что эквивалентно обнаружению ошибки (стирание знака).

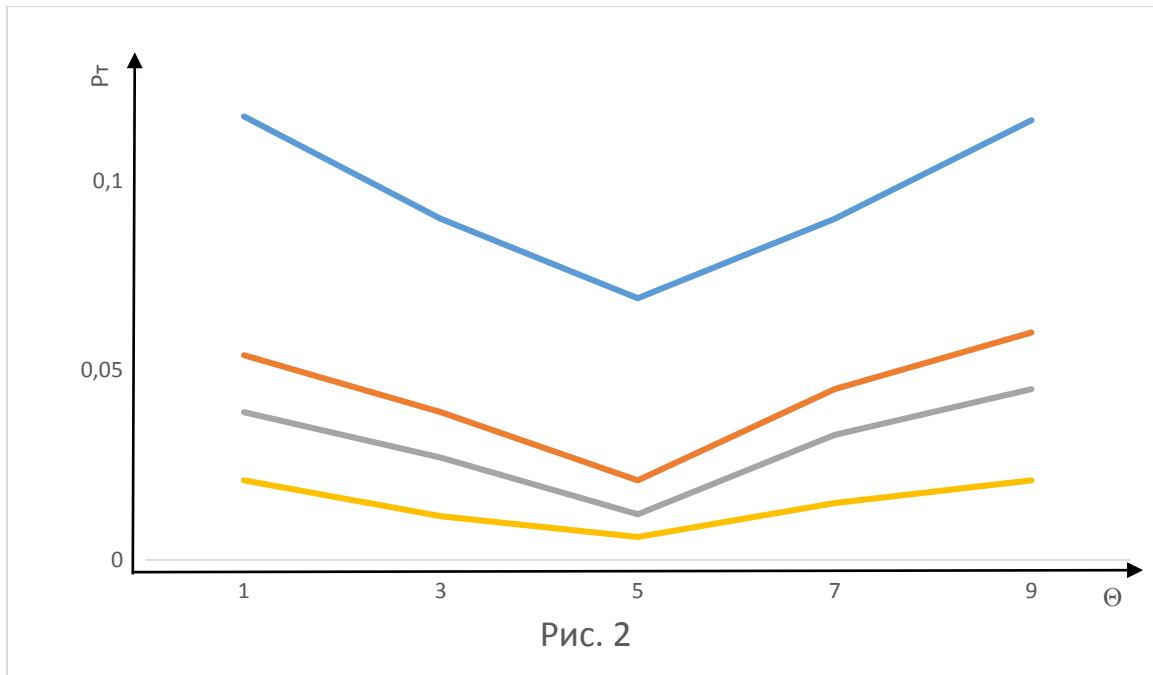
Для определения весовых коэффициентов требуется знать вероятность трансформации P_T в каждом канале приема. Существует ряд методов определения P_T в получаемых копиях сообщений: измерение краевых искажений, дроблений, соотношения сигнал-помеха и пр. Основным недостатком этих методов является сложность реализации и недостаточная

точность. Другие методы определения P_T базируются на введении в сообщение заранее известных комбинаций после определенного числа посылок [4], что приводит к увеличению длины сообщения. Для оценки значения P_T в складываемых копиях сообщений можно использовать также введение кодовой избыточности. При использовании кодов с обнаружением P_T можно учета стираний (метод 1). При фиксированном соотношении числа разрешенных и запрещенных комбинаций между количеством стираний в анализирующем информационном блоке и вероятностью появления трансформаций в том же блоке P_T существует определенная зависимость



Эта зависимость определяется статистикой ошибок в канале связи и свойствами выбранного кода. На рис.1 представлен вид экспериментальной зависимости $\bar{P}_T = \varphi(\theta)$ для случая передачи информационных блоков длиной 9 знаков в декаметровом канале связи с использованием кода Хамминга (6,4) . Повысить эффективность весового макоритарного сложения можно, если его проводить только для среднего знака. Дальнейшее повышение эффективности весового сложения возможно за счет уточнения весовых коэффициентов. Для этого следует перейти от усреднения данных о появлении трансформаций в блоке длиной 1 к построению аналогичной функции

$$P_T^+ = \varphi(0)$$



(только для среднего знака анализируемого блока информации). Разница в подходах иллюстрируется экспериментальной зависимостью вероятности трансформации j -го знака P_T от его порядкового номера в информационном блоке. Алгоритм дискретного весового мажоритарного сложения среднего знака информационного блока предполагает после каждого цикла сложения перемещение интервала анализа α на один знак и переопределения весовых коэффициентов.

Используя перечень запрещенных и разрешенных комбинаций кода (m, n) , обнаруживающего ошибки, и определяя максимально и минимально крайности ошибок элементов знака (K_{\max}, K_{\min}) можно произвести расчет P_T знака в этом же интервале анализа (метод 2). Средняя оценка $P_{эл}$ найдется из выражения:

$$\frac{\theta * k_{\max}}{\alpha * m} > P_{эл} > \frac{\theta * k_{\min}}{\alpha * m}$$

При использовании простейшей модели распределения ошибок в канале связи в виде биномиального закона выражение для P_T будет иметь вид:

$$\bar{P}_T \leq \sum_{i=k_{\min}}^{i=m} C_m^i * \bar{P}_{эл}^i (1 - \bar{P}_{эл})^{m-i}$$

Для двух предложенных методов были произведены расчеты весовых коэффициентов по формуле (2), которые показали близкие результаты.

Метод определения весовых коэффициентов, рассмотренный в настоящей работе может быть также использован для весового мажоритарного декодирования блочных кодов с любым основанием.

Литература

[1] Горбунов А.К., Горбунов Е.А., Лысенко А.Л. Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратичной ошибке воспроизведения. В сборнике: Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы. Москва. 2004. С. 18 – 21

[2] Горбунов А.К., Горбунов Е.А., Лысенко А.Л. Вычисление Энтропии с экстраполяцией гауссовского сообщения. В сборнике: Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы. Москва. 2004. С. 30 - 32

[3] Лысенко А.К., Горбунов Е.А., Горбунов А.К., Эпсилон – энтропия и скорость создания сообщений без предвосхищения и с прогнозом. В сборнике: Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы. Москва. 2004. С. 17 – 19

[4] Горбунов А.К., Никифоров Д.К., Пчелинцева Н.И., Чистяков Г.А. Получение и использование наноструктур и нанопокровов в атомарных и молекулярных газовых лазерах. Научные технологии. 2014. Т.15 № 10. С. 54 – 59

[5] Горбунов А.К. Эпсилон энтропия с задержкой при малой среднеквадратичной оценке воспроизведения. Труды МГТУ сборник статей. Сер. “Труды МТУ/Московский гос. Технический университет имени Н.Э. Баумана” ред. кол.: А.В.Царьков и др. Москва , 2010. С. 35 - 37

Медведев Матвей Андреевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: m.medvedev@markprior.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

Н.В. Буданова, А.К. Горбунов

О МЕТРИКАХ ДЛЯ МАРКОВСКОГО КАНАЛА

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Пусть $e = (\varepsilon_0, \varepsilon_1, \dots, \varepsilon_{n-1})$ - произвольный вектор из нулей и единиц. Поставим в соответствие вектору e множество пар

$$\{(\varepsilon_0, \varepsilon_1), (\varepsilon_1, \varepsilon_2), \dots, (\varepsilon_{n-2}, \varepsilon_{n-1})\} \quad (1)$$

и обозначим через a_{ij} число пар (i, j) , $i, j = \overline{0, 1}$ во множестве (1). Числа a_{ij} связаны между собой соотношениями

$$\begin{cases} a_{00} + a_{01} + a_{10} + a_{11} = n - 1 \\ |a_{01} - a_{10}| \leq 1 \end{cases} \quad (2)$$

Пусть $\omega_0, \omega_{01}, \omega_{10}, \omega_{11}$ - некоторые положительные рациональные числа.

Определим на множестве двоичных векторов функции $\Omega_\omega(e)$ и $d_\omega(e_1, e_2)$ следующим образом

$$\Omega_\omega(e) = \omega_0 \varepsilon_0 + \omega_{01} a_{01} + \omega_{10} a_{10} + \omega_{11} a_{11} \quad (3)$$

$$d_\omega(e_1, e_2) = \Omega(e_1 + e_2) \quad (4)$$

где действия над ε_0 производятся, как над действительным числом, а сумма $e_1 + e_2$ вычисляется как поэлементная сумма векторов e_1 и e_2 по модулю два.

Лемма 1. Функция $d_\omega(e_1, e_2)$ является метрикой, если для чисел, ω_{01} , ω_{10} и ω_{11} выполняется неравенство треугольника и либо ω_0 и ω_{01} , либо ω_{10} и ω_{11} не равны одновременно нулю.

Лемма 2. Функция $d_\omega(e_1, e_2)$ является метрикой, если

$$0 \leq \omega_{11} \leq \omega_{01} - \omega_{10} \leq \frac{\omega_0}{2}.$$

Рассмотрим двоичный марковский канал с матрицей переходных вероятностей

$$P = \begin{vmatrix} P_{00} & P_{01} \\ P_{10} & P_{11} \end{vmatrix}, \quad (5)$$

где P_{ij} - вероятность перехода из состояния i в состояние j , $(i, j \in \{0, 1\})$.

В докладе рассматриваются условия, при которых функция $d_\omega(e_1, e_2)$ представляет с собой метрику, согласованную с марковским каналом.

Обозначим через n_1, n_2 и n^* величины

$$n_1 = \frac{\ln\left(\frac{P_{10}}{P_{01}}\right)}{\ln\left(\frac{1-P_{01}}{1-P_{10}}\right)} + 3, \quad (6)$$

$$n_2 = \frac{\ln\left(\frac{1-P_{10}}{P_{10}}\right)}{\ln\left(\frac{1-P_{01}}{1-P_{10}}\right)} + 2, \quad (7)$$

$$n^* = \min\{n_1, n_2\} \quad (8)$$

Теорема 1. Функция $d_\omega(e_1, e_2)$, определена на множестве n -векторов с помощью функции

$$\Omega_\omega = \varepsilon_0 + a_{10} + 2a_{01} \quad (9)$$

является метрикой, согласованной с марковскими каналами при $P_{00} > P_{11}$ и $n < n^*$

При типичных параметрах марковского канала n^* представляет из себя довольно большую величину. Так при $P_{00} = 0,9999$ и $P_{11} = 0,99$, $n^* \cong 460$.

Список литературы

[1] Лысенко Л.В., Горбунов А.К., Коржавый А.П., Шаталов В.К., Лысенко А.Л. Некоторые подходы к разработке энергосберегающих технологий, основанных на транспортных формах переноса момента импульса // Научно-технические технологии. - 2013.-Т.14.,№7.- С.20-25.

[2] Лысенко А.Л., Горбунов А.К., Грачев В.В., Буланов А.В. Физико-химические процессы в технологии вакуумирования при сжигании порошка титана в среде азота // Научно-технические технологии. - 2008.-Т.09.,№10.-С.25-31.

[3] Горбунов А.К. Эпсилон – энтропия с прогнозом // Проблемы передачи информации. -2009. №45.-С.12.

[4] Горбунов А.К., Пинскер М.С. Эпсилон – энтропия с задержкой при малой среднеквадратической ошибке воспроизведения // Проблемы передачи информации. -1987.-Т.23.,№2.-С.3-8.

[5] Горбунов А.К. Эпсилон – энтропия с задержкой при малой среднеквадратичной оценке воспроизведения // Труды МГТУ, сборник статей. Сер. «Труды МГТУ / Московский гос. Технический университет им Н.Э. Баумана» ред. кол.: А.В. Царьков (гл.ред.) и др. Москва, 2010.-С.35-37

Буданова Наталья Владимировна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: budanova.natalya2016@yandex.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

А.Б. Рафикова, И.Е. Малышев, А.К. Горбунов

О НАДЁЖНОСТИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Постановка задачи. Несмотря на успехи в области технологии, надёжность средств вычислительной техники во многих случаях недостаточна, чтобы удовлетворить возросшие требования к надёжности создаваемых на их основе вычислительных систем. Основным способом обеспечения заданной надёжности является введение избыточности, реализуемой в виде запаса производительности, дополнительных ёмкостей памяти, резервных устройств. Архитектурные принципы построения современных ЭВМ и вычислительных систем допускают, в основном, такие методы повышения надёжности, при которых диагностика, реконфигурация, рестарт и другие действия, направленные на включение избыточных ресурсов, возможны лишь после получения сигналов от системы аппаратного или программного контроля об ошибках из-за отказов и сбоев. Поэтому при отсутствии контроля или недостаточном его развитии эффективность использования избыточных ресурсов значительно снижается, так как их включение задерживается или не происходит вовсе. С другой стороны, реализация методов контроля также требует определенных аппаратных и временных ресурсов, что увеличивает общее количество оборудования в системе и время выполнения задания. При ограниченной надёжности аппаратуры контроля отказы в ней расцениваются в ряде случаев как отказы всей системы. Это также отражает общие показатели безотказности. При действии двух противоположных факторов следует ожидать существования некоторого оптимального уровня контроля, определяемого из условия максимума вероятности безотказной работы или других показателей надёжности. В реальных системах такая задача должна решаться кроме того в условиях ограниченных ресурсов, выделяемых на выполнение основных функций. Функции контроля, диагностики, защиты, восстановления работоспособности, рестарта. Рассматриваемые здесь математические модели дают решение поставленной задачи для отдельных классов системы. Однако использованные в них методические подходы легко распространяются и на другие модели.

Модель не избыточной системы. При встроенном аппаратном контроле вероятность безотказной работы и коэффициент готовности системы при постоянных интенсивностях отказов элементов определяются по формулам:

$$P(t) = \exp\left(-\sum_{i=1}^n \lambda_i t\right), \quad \lambda_i = \lambda_{oi} + \lambda_{ki}, \quad \lambda_{ki} = \lambda_{oi} f(\alpha, \alpha_k),$$
$$K_r = \left(1 + \sum_{i=1}^n \lambda_i \left(\bar{t}_{bi} + \beta \bar{t}_{оби}\right)\right)^{-1},$$
(1)

где λ_{oi} и λ_{ki} - интенсивности отказов контролируемой и контролирующей аппаратуры, $\alpha = 1 - \beta$ - полнота контроля в среднем по системе, α_k - полнота самоконтроля системы контроля (СК), $\bar{t}_{обн}$ и $\bar{t}_{би}$ - средние времена обнаружения отказов и восстановления работоспособности. Функция $\delta = f(\alpha, \alpha_k)$ отражает затраты оборудования на СК и организацию самоконтроля. Анализ ряда конкретных устройств и ЭВМ, проведенный различными авторами, показал, что учет этих затрат можно выполнить с помощью двухпараметрического выражения [1,2]:

$$\delta = \alpha^m, \delta = a^{-1} \ln(1 - \alpha)^{-1}. \quad (2)$$

Для моделей ЕС ЭВМ по различным оценкам $\alpha = 7 \dots 9$. из (1) следует, что введение контроля в не избыточную систему снижает вероятность безотказной работы. Коэффициент готовности с ростом α сначала работает, а затем начинает уменьшаться, достигая максимума при $\alpha_0 < 1$. Оптимальное значение α_0 в широком диапазоне параметров находится в пределах 0.90...0.98.

Модель структурно избыточной системы. Анализ различных схем резервирования с учетом полноты контроля позволяет сделать следующие выводы. Введение СК в резервированную систему и увеличение улучшает показатели безотказности, так как снижает долю не обнаруживаемых отказов, и как следствие, долю фактически не резервируемой аппаратуры. И хотя здесь также в ряде случаев $\alpha_0 < 1$, но оно существенно выше уровня, достигнутого в современных ЭВМ различных классов. Расчеты показывают, что несовершенство СК приводит к значительному снижению средней наработки системы по сравнению со случаем идеального контроля: при $\beta = 0.1$ и $\lambda_0 \bar{t}_b = 0.01$ в пять раз; при $\beta = 0.02$ и $\lambda_0 \bar{t}_b = 0.001$ в 10 раз; при $\beta = 0.01$ и $\lambda_0 \bar{t}_b = 0.01$ в 40 раз. Образование потока обесценивающих отказов эквивалентно снижению полноты контроля и в этом случае резервирование может оказаться неэффективным, так как не защищает ни от необнаруженных, ни от обесценивающих отказов. Поэтому при ограниченных ресурсах необходимо согласовывать характеристики СК с характеристиками системы защиты вычислительного процесса от последствий отказов и сбоев. Повышение эффективности резервирования достигается также введением временной не избыточности.

Модель системы с временной избыточностью и неполным аппаратным контролем. В случае сбоев вероятность выполнения задания длительности t_3 при наличии резерва времени t_u определяется по формуле:

$$P(t_3, t_u) = \sum_{i=0}^{[t_u/t_3]} \left(-\frac{\Lambda_1}{\Lambda_2}\right)^i e^{-(i+1)\lambda t_3} \left(I(i, \Lambda_2(t_u - it_3)) + \frac{\Lambda_1}{\Lambda_2} I(i+1, \Lambda_2(t_u - it_3))\right), \quad (3)$$

где $\Lambda_1 = \sum_{i=1}^n (\alpha_{oi} \lambda_{oi} + \lambda_{ki})$, $\lambda = \sum_{i=1}^n (\lambda_{oi} + \lambda_{ki})$, $\Lambda_2 = \lambda - \Lambda_1$.

Эту формулу можно использовать и для приближенного расчета вероятности в случае отказов при быстром восстановлении. При большом t_u влияние обесценивающих отказов уменьшается и $P(t_s, t_u) \approx \exp(-\Lambda_2 t_s)$.

Модель системы с централизованным программным контролем и временной избыточностью. Вероятность выполнения многоэтапного задания длительностью при затратах времени на контроль в конце этапа и фиксированной последовательности тест-секций определяется как решение системы уравнений:

$$\begin{aligned} P_0(k\tau, t - k\theta) &= p_1 P_0((k-1)\tau, t - k\theta) + q_1 P_1(n\tau, t - \theta - \theta), \quad k = \overline{1, n}, \\ P_1(n\tau, t - n\theta) &= \int_0^t P_0(n\tau, t - n\theta - x) dF_b(x), \quad \theta = \tau + t_k, \end{aligned} \quad (4)$$

где $p_1 = \exp(-\lambda\theta)$, $q_1 = \alpha(1 - p_1)$, $\alpha = \varphi(t_k)$, $F_b(t)$ – функция распределения времени восстановления, $t = t_s + t_u$. Аналогичные уравнения можно составить и при случайной или переменной последовательности тест-секций. Анализ показывает, во-первых, что на эффективность использования избыточности существенно влияет стратегия тестирования. Лучшие показатели обеспечивает случайный выбор тест-секций. Во-вторых, существует минимальный уровень полноты программного контроля, достижение которого необходимо, чтобы получить приемлемую эффективность временного резервирования.

Оптимизация программного контроля. Задача оптимизации состоит в выборе оптимального периода и оптимального вектора длительностей тестирования каждого контролируемого блока в одном цикле, обеспечивающих экстремум назначенной целевой функции. Для решения задачи необходимо знать зависимость $t_k = t_k^0 f(\alpha)$ или $\alpha = \varphi(t_k)$, где t_k^0 длительность полного текста. В зависимости от выбора целевой функции и совокупности учитываемых факторов можно сформулировать несколько задач оптимизации. В первой задаче в качестве функционала выбирается вероятность обнаружения отказа Q_1 . И тогда

$$\begin{aligned} q_1 &= \sum_{i=1}^M (1 - p_1) \alpha_i \lambda_i / \Lambda_M = \max, \quad t_k = \sum_{i=1}^M t_{ki}, \\ \text{где } p_1 &= \exp(-\Lambda_M \theta), \quad \Lambda_M = \sum_{i=1}^M \lambda_i, \quad \alpha_i = \varphi_i(t_{ki}). \end{aligned} \quad (5)$$

Эта задача имеет точное аналитическое решение:

$$t_{ki} = g_i(\xi), \quad \xi = g_i(t_{ki}) = (1 - p_1) \lambda_i \varphi_i(t_{ki}) / \Lambda_M, \quad \sum_{i=1}^M g_i(\xi) = t_k. \quad (6)$$

В частности, при $\alpha = (t_{ki} / t_{ki}^0)^{1/k}$, $k > 1$, имеем:

$$t_{ki} = (\lambda_i^k / t_{ki}^0)^{1/(k-1)} t_k / \sum_{i=1}^M (\lambda_j^k / t_{kj}^0)^{1/(k-1)}. \quad (7)$$

Уточнение первой задачи позволяет выбрать период тестирования и допустимое время контроля в каждом цикле при условии, что заданы длительность задания в резерв времени. Такая задача решается с помощью численной процедуры. Дополнительное расширение постановки задачи состоит в том, что в распределяемые ресурсы включается и время восстановления работоспособности.

Выводы. Развитый аппаратный контроль в вычислительных системах является одним из главных условий высокой эффективности резервирования. Достигнутый в современных ЭВМ уровень характеристик контроля далек от оптимального значения и приводит к значительному снижению показателей надёжности систем по сравнению с их предельными значениями. В структурно не избыточных системах необходимым условием положительного влияния контроля на надёжность является создание резерва времени, превышающего определенное пороговое значение. Введение в них развитого аппаратного контроля целесообразно лишь при значительной избыточности.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Хворостов В. И., Горбунов А. К., Хворостова Н. Н., Силаева Н. А.* Физико-технологические особенности применения имитирующих структур в газоразрядных лазерных датчиках. *Научные технологии*, 2012, № 10, с. 34-39.
- [2] *Лысенко Л. В., Горбунов А. К., Шаталов В. К., Лысенко А. Л., Овчаренко И. Н.* Энерго-технологическая интерпретация основного закона динамики. *Научные технологии*, 2014, № 08, с. 55-58.
- [3] *Горбунов А. К., Коржавый А. П., Лысенко Л. В., Лысенко А. Л., Шаталов В. К.* Элементы теоретических основ природоподобных процессов. *Научные технологии*, 2015, № 06, с. 52-57.
- [4] *Горбунов А. К., Пинскер М. С.* Эпсилон-энтропия с задержкой гауссовского зашумленного сообщения. *Проблемы передачи информации*. 1998, № 3, с. 18-23.
- [5] *Горбунов А. К.* Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратичной оценке воспроизведения. *Труды МГТУ, сборник статей. Сер. «Труды МГТУ/Московский гос. Технический университет им. Н. Э. Баумана» ред. кол.: А. В. Царьков (гл. ред.) и др. Москва, 2010, с. 35-37.*

Рафикова Альбина Бауржановна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: alyarafikova@yandex.ru

Мальшев Илья Евгеньевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

А.А. Смирнова, И.Е. Малышев, А.К. Горбунов

ОБ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИЗБЫТОЧНОСТИ МНОЖЕСТВА ЗАВИСИМЫХ ПРОВЕРОК

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Пусть для определения состояния объекта используется множество из n зависимых проверок. В частности, если объектом является техническое устройство, то зависимость результатов проверок можно трактовать, как частичный порядок на 2^n , полагая, что x предшествует y , если $x \subseteq y$, где \mathcal{M} – множество отказов, обнаруживаемых проверками $\{p_1, \dots, p_n\}$. В случае контроля уровня знаний \mathcal{M} является множеством используемых при контроле вопросов, ответы на которые классифицируются как верные или неверные. При этом частичный порядок на множестве 2^n является следствием логической связи вопросов и может быть определен следующим образом. Вопрос p_i предшествует вопросу p_j если неверный ответ на p_i предопределяет неверный ответ на p_j .

Будем считать, что множество зависимых проверок представлено орграфом G типа диаграммы Хассе. Определим множество состояний объекта, как множество двоичных функций s , полагая, что s удовлетворяет условию $s \in \mathcal{M}$ для всех $p_i \in G$.

где \mathcal{M} – множество вершин графа G , достижимых из s . Для определенности будем считать, $s \in \mathcal{M}$, если проверка p_i успешна, иначе $s \notin \mathcal{M}$.

Легко заметить, что \mathcal{M} совпадает с множеством всех двоичных функций на 2^n , если G есть множество несвязанных вершин, и необходимо провести n проверок, чтобы по их результатам определить состояние объекта.

В общем случае G , т.к. условие $s \in \mathcal{M}$ позволяет доопределить значение s по результату проверки p_i , полагая, что $s \in \mathcal{M}$ для вершин p_j , следующих за p_i , в случае $s \in \mathcal{M}$ или $s \notin \mathcal{M}$ для вершин, предшествующих p_i , в случае $s \in \mathcal{M}$. В обоих случаях исключаются неинформативные проверки, соответствующие доопределенным вершинам p_i .

Для определения информационной избыточности множества зависимых проверок, заданных графом G , сформулируем задачу минимизации максимального числа проверок, необходимых для определения состояния объекта по их результатам

$$f(G) = \min_{S \subseteq \{p_1, \dots, p_n\}} \max_{s \in \mathcal{M}} |S \cap \{p_1, \dots, p_n\}| \quad (2)$$

где G – бинарный граф-дерево, в котором проверки отображены вершинами, а исходы – дугами, P – максимальный путь в графе G .

Заметим, что эту задачу можно интерпретировать в рамках теории вопросов, рассматривая множество состояний как множество событий, а множество проверок как множество разбиений. При этом проверка \mathcal{P} разбивает \mathcal{S} на два класса \mathcal{S}_1 и \mathcal{S}_2 . Состояние $s \in \mathcal{S}_1$ если $\mathcal{P}(s) = 1$, если $\mathcal{P}(s) = 0$ остальные значения функции \mathcal{P} определяются условием $\mathcal{P}(s) = \mathcal{P}(s')$ на подграфах $\mathcal{G}(s)$, полученных в результате преобразования графа \mathcal{G} :

(3)

где $\mathcal{G}(s)$ — граф, полученный из \mathcal{G} удалением вершин $v \in \mathcal{S}_1$. В случае линейного графа \mathcal{G} сформированная задача может быть интерпретирована как задача поиска в упорядоченной области. Задача \mathcal{P} может быть решена, например, методом динамического программирования или методом ветвей и границ. Однако недостатком этих методов является значительная вычислительная сложность, в частности для метода динамического программирования она превышает оценку $O(n^2)$, полученную при построении оптимальных деревьев поиска на упорядоченном множестве, а для метода ветвей и границ нетривиальные оценки сложности вообще отсутствуют.

В докладе для случая, когда \mathcal{G} — дерево, доказываем, что для величины \mathcal{P} справедливы неравенства

(4)

где \mathcal{L} — множество концевых и предконцевых вершин (предконцевой вершиной называется $v \in \mathcal{S}_1$, если $\mathcal{G}(v)$ состоит только из концевых вершин), \mathcal{L}' — множество линейных участков в \mathcal{G} (линейным участком в графе \mathcal{G} называется его линейный подграф, все транзитивные вершины которого инцидентны в графе \mathcal{G} двум ребрам), \mathcal{E} — число дуг \mathcal{G} .

Отметим, что верхняя оценка является конструктивной и гарантируется при использовании следующего алгоритма, определяющего последовательность выполнения проверок, множество которых описывается графом.

1. Последовательно осуществляем все проверки, соответствующие вершинам множества \mathcal{S}_1 графа \mathcal{G} ,
2. Удаляем множество вершин \mathcal{S}_1 и инцидентные им дуги. В результате получаем граф \mathcal{G}' .

(5)

3. Осуществляем проверки, соответствующие изолированным вершинам и линейным компонентам связности графа G . В результате преобразования графа G , аналогично G , получаем граф G' . Заменяя G на G' , переходим к п. 1.

Из G' следует, что для деревьев T без линейных участков, полученные оценки дают точное значение $\chi(T)$. Кроме того, нетрудно доказать, что класс деревьев, для которых нижняя граница точна, включает в себя деревья с линейными участками, удовлетворяющие следующему условию: для

любого поддерева T' , где l – корень линейного участка, справедливо неравенство $\chi(T') \geq l$, где n – число концевых вершин в T' , l – множество линейных участков в T' .

Другими словами, для дерева, содержащего линейные участки, нижняя граница все-таки точна, если дерево достаточно сильно ветвится.

ЛИТЕРАТУРА

[1] *Хворостов В. И., Горбунов А. К., Хворостова Н. Н., Силаева Н. А.* Физико-технологические особенности применения имитирующих структур в газоразрядных лазерных датчиках. *Научные технологии*, 2012, № 10, с. 34-39.

[2] *Лысенко Л. В., Горбунов А. К., Шаталов В. К., Лысенко А. Л., Овчаренко И. Н.* Энерго-технологическая интерпретация основного закона динамики. *Научные технологии*, 2014, № 08, с. 55-58.

[3] *Горбунов А. К., Коржавый А. П., Лысенко Л. В., Лысенко А. Л., Шаталов В. К.* Элементы теоретических основ природоподобных процессов. *Научные технологии*, 2015, № 06, с. 52-57.

[4] *Горбунов А. К., Пинскер М. С.* Эпсилон-энтропия с задержкой гауссовского зашумленного сообщения. *Проблемы передачи информации*. 1998, № 3, с. 18-23.

[5] *Горбунов А. К.* Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратичной оценке воспроизведения. *Труды МГТУ*, сборник статей. Сер. «Труды МГТУ/Московский гос. Технический университет им. Н. Э. Баумана» ред. кол.: А. В. Царьков (гл. ред.) и др. Москва, 2010, с. 35-37.

Смирнова Анна Александровна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: annfox9924@gmail.com

Мальшев Илья Евгеньевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

Д.А. Белоногов, А.К. Горбунов

ОБ ОДНОЙ СИСТЕМЕ СО СЛУЧАЙНЫМ МНОЖЕСТВОМ ДОСТУПОВ.

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Пусть имеется M независимых источников, синхронизированных с точностью до одного такта. На каждом такте i -ый источник выдает символ на фиксированного алфавита с постоянной вероятностью λ_i , $i = \overline{1, M}$, $\lambda = \sum_{i=1}^M \lambda_i \leq 1$ - средняя скорость для M источников.

Все источники используют общий канал (синхронный) с фиксированной пропускной способностью и фиксированными алфавитами на входе и на выходе. Канал выдает символ стирания, если происходит наложение передаваемых символов двух и более источников. Алфавиты источников и канала будем считать совпадающими.

Передача сообщений организуется с помощью непрерывной последовательности кадров длины T тактов (затраты на синхронизацию не учитываются). Начало каждого кадра известно всем источникам с точностью до такта. Источник, имеющий сообщение длины T символов и независимо от других источников передает в канал ос момента, соответствующего началу очередного кадра. Если t источников занимают один кадр, то в канале происходят наложение t кодовых слов. Это событие будем называть t – конфликтом.

Известны различные методы кодирования для каналов с множественным доступом и соответствующие им области пропускных способностей. К сожалению, известные методы неконструктивны в том смысле, что каждый источник должен хранить в памяти все используемые им множество ходов слов, а декодирование связано с перебором по объединению множеств кодовых слов всех источников. Ниже рассматривается более конструктивный метод кодирования, допускающий конфликты кратности 2 и более на основе кодов Рида-Соломона

Метод кодирования использует композицию двух концов РС над $GF(q)$ один из которых имеет параметры $(N, N - t + 1, t)$ и служит для исправления $t - 1$ стираний, а другой – с параметрами $(N, 2, N - 1)$ используется для распределения позиции кадра между источниками.

Распределение позиции кадра.

Каждое кодовое слово $(N, 2, N - 1)$ когда РС представим двоичной матрицей размера $N = q$, в которой i -ый столбец представляет i –ый символ кодового слова двоичным вектором длины q и веса 1 с координатами $(0, \alpha^0, \dots, \alpha^{q-2})$. Развертывая эту матрицу по строкам или столбцам получаем двоичную распределяющую последовательность длины Nq веса N . Каждая из q^2 таких последовательностей приписывается одному из источ-

ников (или получателей) и ее единицы определяют позиции кадра, используемые для передачи сообщения (по существу, эта последовательность представляет адрес).

Выбор $(N, 2, N - 1)$ когда РС обусловлен тем, что любая пара кодовых слов совпадает не более чем в одной позиции ($N \leq q$). Отсюда следует, что сообщение каждого источника достаточно кодировать $(N, N - t + 1, t)$ кодом РС. Если в обычном представлении элемент поля символов когда РС занимает l позиции, то достаточно использовать l копий распределяющей последовательности. Итак, для любого t построены непересекающиеся множества кодовых слов A_i , $i = \overline{1, q^2}$, с параметрами $T = N:ql$, $R = (N - t + 1)l/Nql$.

Если $\lambda_i = \lambda_0$, $i = \overline{1, M_0}$, то i -ый источник использует одно из кодовых множеств A_i (распределяющая последовательность вычисляется, например, как кодовое представление адреса).

Пусть λ_i различны $\lambda_i = Pi/Q$, $Q = \sum_{i=0}^M Pi$. В этом случае $q \geq \sqrt{Q}$ и i -ый источник использует Pi кодовых множеств A_i , $j = \overline{1, Q}$. В дальнейшем будем считать, что имеется $Q \geq M$ источников со скоростью $\lambda_0 = \lambda/Q$.

Организация случайного доступа в канал существенно использует буферные накопители и случайный механизм разгрузки буфера. Каждый источник загружает символами собственный буфер. За время передачи одного кадра буфер накапливает в среднем $\lambda_0 T$ символов и с фиксированной вероятностью выдает в канал блок из K символов, $\lambda_0 T \leq \delta K$. Кратность конфликта t является случайной величиной с биномиальным распределением с параметрами Q и δ .

Обозначим ε вероятность того, что кратность конфликта в кадре превысит порог t_0 . Ограничивая исправляемую кодом кратность конфликта величины t_0 , получим среднюю вероятность стирания хотя бы одного сообщения в кадре, равную ε .

Оценку предельной скорости системы найдем в предположении, что ε фиксировано и $Q \rightarrow \infty$.

$$\lambda \leq \frac{Q\delta K}{T} = Q\delta R. \quad (1)$$

Используя известные оценки биномиальных сумм, получим

$$\Pr(t > t_0) = \sum_{t=t_0+1}^Q C_Q^t \delta^t (1 - \delta)^{Q-t} \leq 2^{-QE\left(\frac{\delta, t_0}{Q}\right)} \leq \varepsilon. \quad (2)$$

Так как обе величины δ и t_0 произвольны ($\delta < t_0/Q$), то всегда можно получить решение (2) вида $t_0 = (1 + z)\delta Q$, где $z > 0$ – любая заданная константа. Отсюда получаем при $N = q$

$$\lambda \leq R \frac{t_0}{1+z} = Rq(1 - Rq) \frac{N}{q} \left(1 - \frac{z}{1+z}\right) \leq \frac{1}{4} + 0(1). \quad (3)$$

Предел $\lambda = 1/4$ достигается (асимптотически) при любом ε и достаточно большим Q в точке $Rq = 1/2$; причем $K = t_0 l$, $t_0 = N/2$, $l = \log N$, $N = \sqrt{Q}$, $\delta = 1/2Q$, $T = Q \log Q/2$.

Список литературы.

[1] Лысенко Л.В., Горбунов А.К., Коржавый А.П., Шаталов В.К., Лысенко А.Л. Некоторые подходы к разработке энергосберегающих технологий, основанных на транспортных формах переноса момента импульса. Научные технологии, 2013. Т.14.№7. С.20-25

[2] Лысенко Л.В., Горбунов А.К., Грачев В.В., Булатов А.В. Физико-химические процессы в технологии вакуумирования при сжигании порошка титана в среде азота. Научные технологии, 2008. Т.09.№10. С.25-31

[3] Горбунов А.К. Эпсилон-энтропия с прогнозом. Проблемы передачи информации. 2009.№45. С.12

[4] Горбунов А.К., Пинскер М.С. Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратичной ошибке воспроизведения. Проблемы передачи информации. 1987.Т.23.№2. С.3-8

[5] Горбунов А.К. Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратичной ошибке воспроизведения. Труды МГТУ сборник статей. Сер. «Труды МГТУ/Московский гос. Технический университет им. Н.Э. Баумана» ред.кол.: А.В. Царьков (гл.ред.) и др. Москва. 2010. С.35-37

Белоногов Дмитрий Александрович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: V.Rous@yandex.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

А.А. Миронов, А.К. Горбунов

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЦЕЛОСТНОСТИ ИНФОРМАЦИИ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Развитие автоматизированных систем привело к созданию территориально распределенных информационно-вычислительных систем (ВС), которые позволяют эффективно использовать вычислительные ресурсы, однако при этом повышается уязвимость информации по отношению к помехам, а также другим внешним воздействиям. Для оценки степени уязвимости информации по отношению к разного рода внешним воздействиям введем понятия целостности информации. Определим меру целостности информации как вероятность того события, что реальная выходная информация попадает к потребителю без искажений, без потерь и без доступа к ней посторонних лиц. Таким образом, целостность информации включает в себя такие характеристики, как достоверность выходной информации и защиту её от несанкционированного доступа.

Одним из основных методов обеспечения целостности информации является введение искусственной избыточности. При этом возникает задача оптимального распределения избыточных ресурсов ВС, выделяемых для обеспечения требуемого уровня целостности информации. Рассмотрим задачу обеспечения целостности информации от активного воздействия внешней среды. Данная задача носит ярко выраженный конфликтный характер, так как цели ВС и внешней среды в общем случае не совпадают.

Формально данную задачу можно описать следующим образом. Допустим, что на ВС имеется некоторая система А, целью которой является обеспечение целостности информации. Система А имеет в своем распоряжении определенное количество избыточных ресурсов R_A , которые она может распределять на конечном множестве \bar{X} методов обеспечения целостности. Целостность информации для системы А есть некоторая величина \bar{C} . Обозначим \bar{C}_i - количество избыточных ресурсов, выделяемых для обеспечения целостности i -м методом ($C_i \leq R_A$). Соответственно, противоположную сторону предоставим как некоторую систему В, внешнюю по отношению к системе А. Ценность информации для системы В есть некоторая величина \bar{S} . Система В имеет в своем распоряжении определенное количество избыточных ресурсов R_B , которые она может распределять на конечном множестве методов нарушения целостности \bar{Y} . Пусть S_j - количество избыточных ресурсов, выделяемых для нарушения

целостности j -м методом ($S_j \leq R_B$), Q_{ij} - вероятность нарушения целостности системой В j -м методом нарушения целостности при условии применения системой А i -го метода обеспечения целостности информации.

Тогда целью системы А является минимизация максимально возможного ущерба от нарушения целостности информации:

$$\min_i \max_j (\bar{C}Q_{ij} + C_i) \quad (i \in \bar{X}, j \in \bar{Y}) \quad (1)$$

Целью системы В, соответственно, является максимизация минимально возможной прибыли от нарушения целостности информации:

$$\max_j \min_i (\bar{S}Q_{ij} - S_j) \quad (i \in \bar{X}, j \in \bar{Y}) \quad (2)$$

При таком подходе задача обеспечения целостности от активных воздействий внешней среды описывается биматричной бескоалиционной игрой (1)-(2). Решение данной игры возможно следующей модификацией итерационного алгоритма Брауна.

Литература

[1] *Хворостов В. И., Горбунов А. К., Хворостова Н. Н., Силаева Н. А.* Физико-технологические особенности применения имитирующих структур в газоразрядных лазерных датчиках // *Наукоёмкие технологии.* - 2012. - Т.13.,№10. - С. 34-39.

[2] *Лысенко Л. В., Горбунов А. К., Шаталов В. К., Лысенко А. Л., Овчаренко И. Н.* Энерго-технологическая интерпретация основного закона динамики // *Наукоёмкие технологии.* - 2014. - Т. 15.,№08. - С. 55-58.

[3] *Горбунов А. К., Коржавый А. П., Лысенко Л. В., Лысенко А. Л., Шаталов В. К.* Элементы теоретических основ природоподобных процессов // *Наукоёмкие технологии.* - 2015. - Т.16.,№6. - С. 52-57.

[4] *Горбунов А.К., Пинксер М.С.* Эпсилон – энтропия с задержкой гауссовского зашумленного сообщения // *Проблемы передачи информации.* – 1988. – Т.24., №3. – С. 18-23.

[5] *Горбунов А.К.* Эпсилон – энтропия с задержкой при малой среднеквадратичной оценке воспроизведения // *Труды МГТУ, сборник статей. Сер. «Труды МТУ / Московский гос. Технический университет им Н.Э. Баумана» ред. кол.: А.В. Царьков (гл. ред.) и др. – М.: 2010. – С. 35 – 37.*

Миронов Алескандр Александрович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: miralex2014@yandex.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

А.А. Кузнецова, А.К. Горбунов

ОПТИМАЛЬНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ КВАНТОВЫХ СИГНАЛОВ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

В последние годы определенный интерес привлекли проблемы квантовой теории связи. В настоящем докладе решаются некоторые задачи оценивания квантовых сигналов, опираясь на общий подход к оптимальным квантовым измерениям.

Классический сигнал $\theta = (\theta_1, \theta_2)$ на фоне квантового шума описывается семейством операторов плотности (о.п.) $\{p_\theta\}$, $\theta \in \Theta$ в некотором гильбертовом пространстве H . задается априорное распределение $\pi(d\theta)$ и функция потерь $W_\theta(x)$, $x, \theta \in \Theta$. Если $M(dx) - \Theta$ - измерение, то ему отвечает байесовский риск

$$R_\pi(M) = \text{Tr} \int K(x)M(dx) \quad (1)$$

где $K(x) = \int W_\theta(x)p_\theta\pi(d\theta)$ [2].

Предложение 1. Если $A = \int K(x)M(dx)$ эрмитов и $K(x) \geq \Lambda$, $x \in \Theta$, то M – оптимальное байесовское измерение. Если M оптимально и существуют производные $\frac{\partial K}{\partial x_i}$, то

$$\sqrt{M(dx)} \frac{\partial k}{\partial x_i} \sqrt{M(dx)} \equiv 0.$$

Пусть H – пространство неприводимого представления p, q соотношения коммутации $qp - pq = i$, и p_0 – о.п. в H . Положим $V(x, y) = \exp i(px + qy)$ и $p_{x,y} = V(-y, x)p_0V(-y, x)$. (Если p_0 – о.п. фоковского состояния, то $p_{x,y} = P_{(x,y)}$ – о.п. когерентных состояний).

Предложение 2. Соотношение

$$M(dx dy) = \frac{1}{2\pi} p_{x,y} dx dy \quad (2)$$

определяет R^2 - измерение. Пусть H_0 – пространство другого неприводимого представления p_0, q_0, \tilde{p}_0 – о.п. на H_0 , однозначно определяемый соотношением $\text{Tr} \tilde{p}_0 V_0(x, y) = \text{Tr} p_0 V(-x, y)$, а $E(dx dy)$ – совместное спектральное разложение операторов

$$\tilde{p} = p \otimes I + I \otimes p_0, \tilde{q} = q \otimes I - I \otimes q_0 \quad (3)$$

Тогда (H_0, \tilde{p}_0, E) является реализацией [2] измерения (2).

Пусть $\{p_{\alpha,\beta}\}$, $(\alpha, \beta) \in R^2$ – семейство гауссовских о.п.

$$T_r p_{\alpha, \beta} V(x, y) = \exp \left[i(\alpha x + \beta y) - \frac{\sigma^2}{2} (x^2 + y^2) \right]$$

Пусть априорное распределение на R^2 имеет вид

$$\pi(d\alpha d\beta) = (2\pi s^2)^{-1} \exp \left[-\frac{1}{2s^2} (\alpha^2 + \beta^2) \right] d\alpha d\beta$$

Рассмотрим задачу байесовского оценивания параметров (α, β) при функции потерь $W_{\alpha, \beta}(x, y) = (x - \alpha)^2 + (y - \beta)^2$. Байесовский риск дается формулой (1), где

$$K(x, y) = (x^2 + y^2)p - 2 \frac{s^2}{s^2 + \sigma^2} (xp_0p + yq_0q) + K_0$$

причем $T_r p V(x, y) = \exp \left[-\frac{s^2 + \sigma^2}{2} (x^2 + y^2) \right]$.

Предложение 3. Оптимальное байесовское измерение параметров (α, β) дается формулой

$$M(dx dy) = \frac{1}{2\pi c^2} P \left(\frac{x}{c}, \frac{y}{c} \right) dx dy \quad (4)$$

где $c = 2s^2 / (2s^2 + 2\sigma^2 + 1)$. Минимальный байесовский риск равен $((2s^2)^{-1} + (2s^2 + 2\sigma^2 + 1)^{-1})$

Из предложения 2 следует, что оптимальными байесовскими оценками для α, β являются $c\tilde{p}, c\tilde{q}$ (3), где p_0, q_0 описывают независимую систему в фоковском состоянии.

Измерение $M(dx dy)$ назовем несмещенным, если

$$T_r p_{\alpha, \beta} \left(\int x M(dx dy) \right) = \alpha, T_r p_{\alpha, \beta} \left(\int y M(dx dy) \right) = \beta$$

для всех (α, β) . Введем среднеквадратическую потерю

$$R_{\alpha, \beta}(M) = T_r p_{\alpha, \beta} \left[\int ((x - \alpha)^2 + (y - \beta)^2) M(dx dy) \right]$$

Предложение 4. Для любых (α, β)

$$\min_M R_{\alpha, \beta}(M) = 2\sigma^2 + 1$$

причем минимум достигается на измерении (4) при $c = 1$ т.е. наилучшими несмещенными оценками для (α, β) являются (3), где p_0, q_0 описывают независимую систему в фоковском состоянии.

Литература:

[1] Лысенко Л.В. Горбунов А.К., Коржавый А.П., Шаталов В.К. Некоторые подходы к разработке энергосберегающих технологий, Научноёмкие технологии, Москва, 2013, Т. 14, № 7, с. 20–25.

[2] Лысенко А.Л. Горбунов А.К. Грачев В.В. Буланов А.В. Физико-химические процессы в технологии вакуумирования при сжигании порошка титана в среде азота. Научноёмкие технологии, Москва, 2004, Т. 9, № 10, с. 25–31.

[3] Горбунов А.К. Эпсилон-энтропия с прогнозом. Проблемы передачи информации, Москва, 2009, № 45, с. 12.

[4] *Горбунов А.К. Пинскер М.С.* Эpsilon-энтропия с задержкой при малой среднеквадратической ошибке воспроизведения. Проблемы передачи информации, Москва, 1987, № 2, с. 3–8.

[5] *Горбунов А.К.* Эpsilon-энтропия с задержкой при малой среднеквадратичной оценке воспроизведения. Труды МГТУ им. Н.Э. Баумана. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010, с. 35-37.

Кузнецова Анна Андреевна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: 521annakuznetsova@gmail.com

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

Е.А. Волнотепова, П.А. Зорина, А.К. Горбунов

ОЦЕНКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СКОРОСТИ СТАТИСТИК

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Рассматривается задача байесовского оценивания. Оценка параметра строится на приемном конце канала связи с ограниченной пропускной способностью, по которому передаются сообщения о результатах измерений. Пропускная способность канала по теореме Шеннона ограничивает число возможных сообщений, которые можно передать со сколь угодно малой вероятностью ошибки. Поэтому на передающем конце канала связи необходимо решать задачу сжатия данных. В ряде случаев такое сжатие можно осуществить, построив по произведенным наблюдениям достаточную статистику. Если мощность достаточной статистики удовлетворяет ограничению, которое накладывает канал связи, рассматриваемая задача совпадает с обычной задачей байесовского оценивания. Если это не так, передача по каналу увеличивает погрешность байесовской оценки. Возникает вопрос: как организовать передачу таким образом, чтобы это увеличение было минимальным?

Возможны два подхода к решению этой проблемы. В первом подходе задачи оценивания и передачи решаются совместно: строится подмножество пространства оценок, имеющее заданную мощность и по наблюдаемым данным из этого подмножества выбирается оценка параметра, которая затем передается по каналу со сколь угодно малой вероятностью ошибки. Во втором подходе задачи оценивания и передачи разделяются: на передающем конце канала связи строится предварительная оценка параметра, которая затем кодируется и передается по каналу. Оба подхода могут быть описаны в терминах, введенных при решении задач кодирования источников с заданным критерием вероятности.

Пусть U - параметрическое пространство, $X = \{X_1, \dots, X_L\}$ - выборочное пространство, где L - объем выборки, V - пространство оценок. Пусть $q(u) \cdot Q(x|u)$ - распределение вероятностей на UX и пусть для всех $N \geq 1$, которое будем называть длиной блока

$$q(u) = \prod_{n=1}^N q(u^{(n)}), \quad Q(x|u) = \prod_{n=1}^N Q(x^{(n)} | u^{(n)}). \quad (1)$$

где $u = (u^{(1)}, \dots, u^{(N)})$, $x = (x^{(1)}, \dots, x^{(N)})$, $x^{(n)} \in X, n = \overline{1, N}$.

Тогда два подхода к решению задачи, определенные выше, могут быть описаны схемами кодирования A и A^* , имеющими вид односвязных цепей Маркова:

$$A = \{U^N X^N T_N V^N, q(u)Q(x|u)\tau_A(t|x)\varphi_A(v|t)\}, \quad (2)$$

$$A^* = \{U^N X^N U^{*N} T_N V^N, q(u)Q(x|u)\psi(u^*|x)\tau_{A^*}(t|u^*)\varphi_{A^*}(v|t)\}, \quad (3)$$

где U^* - пространство предварительных оценок параметра и $T_N = \{1, 2, \dots, N\}$ - компонента, описывающая сужение множества V^N до подмножества мощ-

ности J_N и в схеме A имеющая смысл статистики с ограниченной мощностью. Под скоростью статистики понимается величина $R = \log_2 J_N / N$.

На $U^N \times V^N$ определена функция погрешности $d_N(u, v)$ такая, что:

- 1) $d_N(u, v) = d(u^{(1)}, v^{(1)}) + \dots + d(u^{(N)}, v^{(N)})$;
- 2) $d(u, v) \geq 0, u \in U, v \in V$;
- 3) для каждого $u \in U$ имеется единственное $v \in V$, для которого $d(u, v) = 0$.

Минимально достижимая скорость асимптотически достижимая в схеме A с ростом длины блока, при которой средняя погрешность $M_A d_N(U^N; V^N)$ не превосходит ε , называется ε -энтропией схемы A и обозначается $R(\varepsilon)$; аналогично - в схеме A^* , - $R^*(\varepsilon)$. Следуя 2, можно показать, что

$$R(\varepsilon) = \min I(X; V); \quad R^*(\varepsilon) = \min I(U^*; V);$$

$$M_A d(U, V) \leq \varepsilon \quad M_{A^*} d(U, V) \leq \varepsilon$$

Распределения вероятностей $p_A(v|x)$ и $p_{A^*}(v|u^*), v \in V, u^* \in U^*$ на которых достигается ε -энтропия в схемах A и A^* могут быть найдены.

Поскольку включение дополнительного звена в схему обработки не увеличивает средней взаимной информации, $R(\varepsilon) \leq R^*(\varepsilon)$ для всех ε .

Утверждение. Равенство $R(\varepsilon) = R^*(\varepsilon)$ имеет место тогда и только тогда, когда выполняется одно из следующих условий:

- а) u^* есть достаточная статистика для оценивания параметра u по выборке x ;
- б) распределение $p_A(v|x)$, на котором достигается ε -энтропия в схеме A является вырожденным распределением и $|U^*| \geq |V|$, где $|\cdot|$ - мощность множества;
- в) распределение $p_A(v|x)$, на котором достигается ε -энтропия в схеме A , и не зависит от x .

Доказательство утверждения опущено.

Рассмотрим пример двоичной симметричной схемы оценивания.

Пусть $U = V = \{0, 1\}$, $q(u) = 1/2$, $x = (x_1, \dots, x_L)$ - независимые одинаково распределенные двоичные случайные величины, $p(e_\ell = 1) = p$. Кроме того, пусть $d(u, v) = \omega_H(u \oplus v)$, где $\omega_H(\cdot)$ - вес Хемминга. Достаточной статистикой для оценивания параметра u по выборке x является $\omega(x) = \sum_{\ell} x_\ell$. Поэтому при $u^* = \omega(x)$ для всех ε , $R(\varepsilon) = R^*(\varepsilon)$.

Теперь рассмотрим случай, когда $|U^*| = 2$ и положим

$$\psi_{A^*}(u^*|x) = \begin{cases} 1, \text{ если } (u^* = 0, \omega(x) < L/2), (u^* = 1, \omega(x) > L/2), \\ 1/2, \text{ если } \omega(x) = L/2, \\ 0, \text{ - в остальных случаях.} \end{cases} \quad (4)$$

Минимальная погрешность, достижимая в схемах A и A^* , равна

$$\delta = \begin{cases} \frac{1}{2} C_L^{L/2} p^{L/2} q^{L/2} + \sum_{\omega=L/2+1}^L C_L^{\omega} p^{\omega} q^{L-\omega}, L - \text{четно}, \\ \sum_{\omega=(L+1)/2}^L C_L^{\omega} p^{\omega} q^{L-\omega}, L - \text{нечетно}, \end{cases} \quad (5)$$

где $q=1-p$. Распределение $p_A(v|x)$, на котором в схеме A достигается погрешность δ совпадает с распределением $\psi_{A^*}(u^*|x)$, определенном в (4), при $v=u^*$. Рассмотрим два случая:

1. L нечетно. Тогда погрешность δ в схеме A достигается на вырожденном распределении $p_A(v|x)$, поэтому условие б) утверждения удовлетворяется и $R(\delta) = R^*(\delta)$.

2. L четно. Тогда распределение $p_A(v|x)$ невырождено и $R(\delta) < R^*(\delta)$.

По существу, неравенство объясняется тем, что хотя $p_A(v|x) = \psi_{A^*}(u^*|x)$ при $v=u^*$, неопределенность между x и v , возникшая при $\omega(x) = L/2$, в схеме A устраняется кодером с критерием верности, который работает с блоками длины N , а в схеме A^* - в результате посимвольной обработки.

Кроме того, заметим, что при любом L , $p_A(v|x) = 1/2, v \in V$, если $\varepsilon = 1/2$. Поэтому удовлетворяется условие в) утверждения и $R(1/2) = R^*(1/2) = 0$.

Литература

[1] Лысенко Л.В., Горбунов А.К., Коржавый А.П., Шаталов В.К., Лысенко А.Л. Некоторые подходы к разработке энергосберегающих технологий, основанных на транспортных формах переноса момента импульса. Научноёмкие технологии Т.14, 2013, №7, с. 20-25.

[2] Лысенко А.Л., Горбунов А.К., Грачев В.В., Буланов А.В. Физико-химические процессы в технологии вакуумирования при сжигании порошка титана в среде азота. Научноёмкие технологии Т.9, 2008, №10, с 25-31.

[3] Горбунов А.К. Эпсилон-энтропия с прогнозом. Проблемы передачи информации, 2009, №45, с. 12.

[4] Горбунов А.К., Пинскер М.С. Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратичной ошибке воспроизведения. Проблемы передачи информации Т.23, 1987, №2, с. 3-8.

[5] Горбунов А. К. Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратичной оценке воспроизведения. Труды МГТУ им. Н.Э. Баумана. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010, с. 35-37.

Волнотеева Елизавета Андреевна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: eliza.twil16@gmail.com

Зорина Полина Алексеевна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: zorina_p_a@mail.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

А.Ю. Богомолов, А.К. Горбунов

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА КАНАЛОВ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Под оценкой качества канала связи следует понимать любые измерения характеристик канала, позволяющие оценить степень пригодности канала для передачи информации. В такой постановке задача оценки качества канала может быть сведена к задаче оценки качества передачи информации. Вопросам оценки качества каналов связи и качества передачи дискретной информации посвящена обширная литература, включавшая как монографии, так и журнальные статьи.

Измерения с целью определения качества канала могут осуществляться в дискретном и непрерывном канале, свободном и занятом передачей информации.

Категорией измерений, все шире внедряемых в практику, являются измерения, осуществляемые в адаптивных системах. Они должны проводиться за достаточно короткие промежутки времени и, как правило, на занятых каналах. Оценке эффективности, такого рода измерений и посвящена настоящая работа.

Не останавливаясь подробно на категориях, используемых для оценки качества каналов, заметим лишь, что чаще всего в качестве обобщённой оценки качества канала связи берётся средняя вероятность ошибки на элемент $p_{\text{ош}}$. Такая оценка характеризует качество дискретного канала и определяется как характеристиками канала связи, так и методом передачи и приема дискретной информации.

Определение оценки $p_{\text{ош}}$ возможно путем измерений в дискретном и аналоговом канале или одновременно в обоих. При измерениях: в аналоговом (непрерывном) канале используется статистическая связь между ошибками и помехами. При измерениях в дискретном канале для определения $\hat{p}_{\text{ош}}$, подсчитывается на интервале анализа число ошибочно принятых элементов (ошибочно принятых кодовых комбинаций). Наиболее распространен метод, когда по каналу передается известная испытательная последовательность, сравниваемая на приемном канале с эталонной. Этот метод имеет следующие недостатки: большое время измерения, занятие канала на время передачи испытательного текста, сложность измерительного оборудования. Кроме того, получаемая таким образом оценка $p_{\text{ош}}$ не всегда может быть использована для определения $p_{\text{ош}}$ при другом методе приема и передачи.

К другой группе методов определения $\hat{p}_{\text{ош}}$ относятся методы, основанные на использовании следующего соотношения:

$$p_{\text{ош}} = \int_{\Omega_Y} p\left(\frac{H}{Y}\right) \omega(Y), \quad (1)$$

где Y – вектор контролируемого сигнала или наблюдаемой помехи; $p(H/Y)$ – условная вероятность неправильного приема; $\omega(Y)$ – плотность распределения Y .

На основе (1) можно записать следующий алгоритм оценки качества канала для случая, когда область контроля разбивается на L подмножеств, для каждого из которых определены вероятности $p^{(i)}\left(\frac{H}{Y}\right)$

$$\hat{p}_{\text{ош}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^L p^{(i)}\left(\frac{H}{Y}\right) n_i \quad (2)$$

Здесь N – объем выборки; n_i – число попаданий Y в i -е подмножество.

Логическим развитием рассмотренных методов оценки являются методы, основанные на использовании комбинированной оценки сигналов

$$\hat{p}_{\text{ош}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^L p^{(i)}\left(\frac{H}{Y}, E\right) n_i \quad (3)$$

где E – последовательность ошибок на интервале анализа. В качестве последней может быть использована последовательность ошибок, найденная в процессе декодирования.

В основу алгоритмов оценки $p_{\text{ош}}$ могут быть также положены оценки снизу и сверху выражений для $p_{\text{ош}}$.

Для оценки эффективности рассматриваемых алгоритмов возьмем в качестве критерия сравнения объем выборки, требуемый для достижения той или иной величины дисперсии оценки. Сравним по этому показателю алгоритм, определяемый (2) с тестовым, основанным на передаче в канал известной испытательной последовательности. Пусть α - отношение объемов выборок при заданной дисперсии для тестового и бестестового методов, тогда можно доказать следующее утверждение.

Пусть $\omega_1(y)$ и $\omega_0(y)$ известные унимодальные плотности распределения контролируемых сигналов при передаче 1 и 0 соответственно. Тогда оценка сверху для отношения объемов выборок при заданном значении дисперсии оценок

$$\alpha < \frac{1-2p_{\text{ош}}}{2[1-p_{\text{ош}}]}$$

Часто число градаций качества выбирается равным двум ($L=2$). Для этого случая можно доказать следующее утверждение.

Пусть $p\left(\frac{H}{y_1}\right)$ и $p\left(\frac{H}{y_2}\right)$ – вероятности неправильного приема для $y \in \Omega_1$ и $y \in \Omega_2$ соответственно, причем $\Omega_1 \cup \Omega_2 = \Omega$ и пусть p_1 и p_2 – вероятности попадания контролируемого сигнала y в области Ω_1 и Ω_2 . Тогда существует такое значение p_1^* ($p_2^* = 1 - p_1^*$) или такой диапазон значений p_1 , в котором $\alpha < 1$.

Отметим, что использование выражения вида (2) для определения $p_{\text{ош}}$ имеет следующие два важных преимущества перед оценкой, основанной на использовании результатов анализа принятой тестовой последовательности: достигается выигрыш во времени анализа при заданной дисперсии оценки, не занимается канал на время оценки.

Литература

[1] А. К. Горбунов. Эпсилон-энтропия и скорость создания сообщений без предвосхищения и с прогнозом. Электронный журнал «Наука, техника и оборудование» 2015 № 1

[2] А. К. Горбунов. Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратичной ОЦ воспроизведения. В сборнике: труды МГТУ сборник статей. Сер. «Труды МГТУ / Московский гос. тех. ун-т им. Н. Э. Баумана» ред. кол.: А. В. Царьков (гл. ред.) и др., 2010, с. 35-37

[3] Л. В. Лысенко, А. К. Горбунов, А. П. Коржавый, В. К. Шаталов, А. Л. Лысенко. Физико-химические процессы в технологии вакуумирования при сжигании порошка титана в среде азота. «Научные технологии» 2008, Т. 9, № 10, с. 25-31

[4] А. К. Горбунов. Эпсилон-энтропия с прогнозом, «Проблемы передачи информации» 2009, № 45, с. 12

[5] А. К. Горбунов. Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратичной ошибке воспроизведения. «Проблемы передачи информации» 1987, Т. 23, № 2, с. 3-8

Богомоллов Андрей Юрьевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: andrey11@yandex.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

В.И. Кодубенко, А.А. Юдаева, А.К. Горбунов

ПЕРЕДАЧА ДИСКРЕТНЫХ СООБЩЕНИЙ С АДАПТАЦИЕЙ ХАРАКТЕРИСТИК СИГНАЛОВ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

1. Применительно к системам передачи информации принцип адаптации заключается в

- (а) изменении параметров или (и) структуры системы (алгоритма)
- (б) на основе прошлого опыта
- (в) с целью улучшения эффективности функционирования
- (г) в условиях неизвестности (изменчивости) внешних условий.

В зависимости от того, как будет уточнен и формализован каждый из пунктов (а)-(г) приведенного выше неформального («наивного») принципа адаптации, может быть получен тот или иной строгий и формализованный его вариант.

2. Процесс передачи сообщений можно представить в виде суперпозиции операторов, описывающих последовательность преобразований, которым подвергается исходный сигнал, поступающий от источника сообщения,

$$\hat{s}(t) = L_{np} K L_{nd} s(t).$$

Здесь $s(t)$ - исходный сигнал источника, L_{nd} - оператор передатчика (обобщенное кодирование), K - оператор преобразования сигналов в канале (обычно стохастический), $\hat{s}(t)$ - сигнал, поступивший к получателю. Оператор L_{nd} есть отображение $L_{nd} : \{S\} \rightarrow \prod_n S_n$, S_n - конечное множество (алфавит сигналов). В обычных условиях S фиксировано, а при адаптивном управлении сигналами упомянутое изменение структуры (а) осуществляется в виде изменения элементов множества S (сигналов), их числа (объема алфавита) и, возможно, самого отображения L_{nd} , а также, в согласованном изменении L_{np} .

Пусть, далее, $h(t)$ - случайный, в общем случае векторный, процесс, зависящий от внешних условий (состояния канала $\bar{\mu}(t)$) так и от S , и называемый состоянием системы: $\bar{h} = \bar{h}(S, \bar{\mu}(t))$. При аддитивной помехе типа «белый шум» за параметр состояния часто принимается величина отношения сигнал/помеха. Качество передачи определяется функционалами, заданными на траекториях \bar{h} :

$$\Phi = \Phi(\bar{h}(S, \bar{\mu}(t))).$$

3. Традиционные для теории связи задачи синтеза и анализа применительно к рассматриваемой ситуации трансформируются в задачи синтеза

алгоритма управления сигналами и анализа эффективности такого управления.

Синтез управления заключается в отыскании

$$S^* : \Phi(\bar{h}(S^*, \bar{\mu}(t))) = \max_S(\min) \Phi(\bar{h}(S, \bar{\mu}(t))).$$

Как правило, S принадлежит к некоторому параметрическому классу множеств, $S = S(\bar{\alpha})$. Это означает, что функциональная структура каждого из возможных сигналов задана и адаптация производится путем изменения их параметров. Тогда управление сводится к отысканию вектора параметров

$$\bar{\alpha}^* : \Phi\left(\bar{h}(\bar{\alpha}^*, \bar{\mu}(t))\right) = \max_{\bar{\alpha}}(\min) \Phi\left(\bar{h}(\bar{\alpha}, \bar{\mu}(t))\right) \quad (1)$$

Подчеркнем, что (1) зависит от времени. Иначе говоря, в процессе функционирования системы задача (1) должна решаться многократно, в пределе – непрерывно. Из изложенного следует, что алгоритм управления определяется методом решения экстремальной задачи (1) и способами её аппаратной или программной реализации.

Необходимость постоянного изменения сигналов диктуется изменчивостью внешних условий, т.е. изменениями состояния канала. Поэтому в системе должно быть предусмотрено наблюдение за $\bar{\mu}$ и оценивание его значений, либо величин, связанных с ним. Поисковые методы решения (1) в большинстве случаев неприемлемы. Оценивание $\bar{\mu}$ возможно реализовать лишь в приемной части системы и следовательно, необходим канал обратной связи (о.с.), по которому нужная информация может быть сообщена в передающую часть, где и осуществляется собственно формирование сигналов. При этом неизбежно возникают искажения, обусловленные разнообразными реальными факторами.

4. Из изложенного следует, что интерес могут представлять два класса оценок: оценки потенциальной эффективности и оценки реальной эффективности. Оценки потенциальной эффективности дают границу значений функционала Φ , достижимую лишь потенциально. Они определяются для условий абсолютной безошибочности и безынерционности функционирования всех элементов системы, что возможно лишь теоретически. Если предположить, как это обычно делается, что стохастические процессы обладают эргодическим свойством, то показатели эффективности можно записать в виде функционалов от функции плотности (ф.п.) $f(\bar{h})$ случайного процесса $h(t)$: $\Phi = \Phi(f(\bar{h}))$. Таким образом, задача оценки потенциальной эффективности сводится к отысканию $f(\bar{h})$ по заданным ф.п. процесса $\bar{\mu}(t)$ и найденной зависимости (1) параметров $\bar{\alpha}$ от $\bar{\mu}$ и известной зависимости $\bar{h}(\bar{\alpha}, \bar{\mu})$ с последующим определением $\Phi(f(\bar{h}))$.

К числу факторов, снижающих реальную эффективность по сравнению с потенциальной, относятся неточность наблюдения за $\bar{\mu}$, запаздывание сигналов в прямом и обратном каналах, искажения в канале об.св. и др. При этом представляется интерес как совокупное, так и отдельное влияние на эффективность каждого из таких факторов.

Список литературы

[1] *Хворостов В.И., Горбунов А.К., Хворостова Н.Н., Силаева Н.А.* Физико-технологические особенности применения имитирующих структур в газоразрядных лазерных датчиках. - Научные технологии, 2012. Т. 13. № 10. С. 34-39

[2] *Лысенко Л.В., Горбунов А.К., Шаталов В.К., Лысенко А.Л., Овчаренко И.Н.* Энерго-технологическая интерпретация основного закона динамики. – Научные технологии, 2014. Т. 15. № 08. С. 55-58

[3] *Горбунов А.К., Коржавый А.П., Лысенко Л.В., Лысенко А.Л., Шаталов В.К.* Элементы теоретических основ природоподобных процессов. - Научные технологии, 2015. Т. 16. № 06. С. 52-57

[4] *Горбунов А.К., Пинскер М.С.* Эпсилон-энтропия с задержкой гауссовского зашумленного сообщения. - Проблемы передачи информации, 1988. Т. 24. № 3. С. 18-23

Кодубенко Виктория Игоревна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: vkodubienko@yandex.ru

Юдаева Анастасия Алексеевна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: anast.yudaeva@yandex.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

А.Г. Полторацкий, А.И. Чухраева, А.К. Горбунов

ПЕРЕДАЧА ИНФОРМАЦИИ В КОЛЛЕКТИВЕ РАДИОСТАНЦИЙ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Один из возможных методов улучшения качества связи при постоянном возрастании загрузки радиодиапазона работающими передатчиками заключается в коллективном использовании группы рабочих частот несколькими радиопередачами при централизованном распределении частотных каналов. Такое распределение реализуется специальным центром управления на основе того или иного критерия. В данной работе приведён пример формирования критерия, которым руководствуется центр при назначении частот радиопередачами, входящим в коллектив, и исследуется эффективность функционирования этого коллектива [1].

Пусть рассматриваемый коллектив содержит $M \geq 1$ членов и для его работы отведено $N \geq 1$ частот, причём в каждый момент времени одна частота может быть занята не более чем одной линией, так, что $M \leq N$. Состояние m -й линии при её работе в n -м канале характеризуется случайно изменяющимся параметром $h_{mn}(t)$ ($m = \overline{1, M}, n = \overline{1, N}$). Будем считать, что все члены коллектива равноправны (приоритеты отсутствуют), а процессы $h_{mn}(t)$ статически независимы, одинаково распределены и эргодичны. Предположим далее, что качество связи, обеспечиваемое некоторой линией в момент времени t удовлетворительно, если параметр h , характеризующий её состояние, больше заранее назначенного $h_{\text{дон}}(t)$. Тогда, учитывая равноправие членов коллектива, естественно приписать центру управления цель, заключающуюся в таком назначении частот, которое обеспечит приемлемое состояние для максимального числа членов коллектива. Если ввести переменную x_{mn} такую, что $x_{mn} = 1$, если m -ая станция назначена на n -ю частоту, и $x_{mn} = 0$ в противном случае, то задача назначения частот, которую должен решать центр управления, может быть записана в виде

$$S = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N E(h_{mn} - h_{\text{дон}}) x_{mn} \Rightarrow \max, \quad (1)$$

$$\sum_{m=1}^M x_{mn} \leq 1, (n = \overline{1, N}); \sum_{n=1}^N x_{mn} = 1, (m = \overline{1, M}); x_{mn} = 0, 1, \quad (2)$$

где $E(h_{mn} - h_{\text{дон}})$ - единичная функция, равная нулю при $h_{mn} < h_{\text{дон}}$ и единице при $h_{mn} \geq h_{\text{дон}}$. Первое из условий (2) означает, что на одну частоту может быть назначен не более чем один член коллектива; второе условие означает, что каждая станция должна получить частотный канал [2].

Задача (1)-(2) относится к классу задач о назначениях и является задачей линейного программирования с булевыми переменными.

Поскольку множество состояний каждой линии может быть разбито на два подмножества - удовлетворительное ($h \geq h_{\text{дон}}$) и неудовлетворительное

($h < h_{\text{дон}}$), естественно в качестве показателя эффективности для каждого члена коллектива принять вероятность $P = P\{h \geq h_{\text{дон}}\}$. Покажем, что решение задачи (1)-(2) обеспечивает также максимальное значение показателя.

Пусть G - алгоритм решения задачи (1)-(2) и P_S - вероятность того, что алгоритм G обеспечивает приемлемое состояние S_M линиям ($S = \overline{0, M}$).

Так как коллектив однороден $P = \frac{1}{M} \sum_{S=1}^M SP_S = \bar{S} / M$ где \bar{S} - среднее значение S . В силу эргодичности процессов $h_{mn}(t)$ можем записать

$$P = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{MT} \int_0^T \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N E [h_{mn}(t) - h_{\text{дон}}] x_{mn}(t) dt \quad (3)$$

Поскольку G в каждый момент времени максимизирует подинтегральное выражение в (3), ясно, что этот же алгоритм обеспечивает и максимум P [3].

Задача (1)-(2) при $M=N$ есть хорошо известная транспортная задача с булевыми переменными. Её можно также трактовать как задачу нахождения максимального паросочетания в двудольном графе $F=(X, Y, \Gamma)$, где X - множество линий, Y - множество частот, Γ - отображение X на Y , причём $\Gamma(x_i) = \{y_{S1}, y_{S2}, \dots, y_{Sr}\}$, когда $h_{isj} \geq h_{\text{дон}}$ для $j = \overline{1, r}$, и $\Gamma(x_i) = 0$, если $h_{ij} < h_{\text{дон}}$ для всех $j = \overline{1, N}$. Для нахождения максимального паросочетания можно использовать достаточно простой алгоритм Форда-Фалкерсона [4].

Список литературы

[1] *Лысенко А.Л., Горбунов А.К., Горбунов Е.А.* Вычисление энтропии с экстраполяцией гауссовского сообщения. Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы. Сб. науч. тр. Москва, 2004, с. 24–32.

[2] *Лысенко А.Л., Горбунов Е.А., Горбунов А.К.* Энтропия и скорость создания сообщений без предвосхищения и с прогнозом. Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы. Сб. науч. тр. Москва, 2004, с. 18–19.

[3] *Горбунов А.К., Лысенко А.Л., Горбунов Е.А.* Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратической ошибке воспроизведения. Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы. Сб. науч. тр. Москва, 2004, с. 20–21.

[4] *Горбунов А.К.* Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратической оценке воспроизведения. Труды МГТУ им. Н.Э. Баумана. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2010, с. 35-37.

Полторацкий Александр Георгиевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: pag.2010@ya.ru

Чухраева Анастасия Игоревна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

К.С. Рыбкин, А.К. Горбунов

ПЕРЕДАЧА СООБЩЕНИЙ С УПРАВЛЕНИЕМ ИЗЛУЧАЕМОЙ МОЩНОСТЬЮ ПРИ КОЛЛЕКТИВНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РЕСУРСА

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Пусть некоторый радиоцентр обладает фиксированным запасом мощности Q . Предположим, что необходимо обеспечить передачу информации одновременно N корреспондентам по различным направлениям, причем технические средства позволяют оперативно перераспределить ресурс Q между направлениями в процессе сеанса связи. Такое распределение рационально реализовать на основе принципа адаптивного управления, для чего корреспонденты оценивают качество связи и результаты сообщают на радиоцентр. Здесь по полученным оценкам каждому из направлений назначается некоторая доля общей мощности. Указанный процесс происходит в течении всего сеанса связи, непрерывно, либо дискретно во времени, и, таким образом, использование имеющегося ресурса Q приспособляются к изменениям условий распространения сигналов в каналах, по которым ведется передача. Можно предположить, что такое совместное использование запаса мощности несколькими линиями окажется более эффективным по сравнению с традиционным методом, когда каждому из направлений выделяется фиксированный ресурс.

Обозначим a_n коэффициент использования мощности – часть общей мощности, выделяемой n -му корреспонденту в момент $t/n = \overline{1, N}$. $H_n^2 = H_n^2(t)$ – отношение сигнал/помеха (ОСП) у этого корреспондента в случае, если в его направлении излучалось бы вся имеющаяся мощность. Тогда фактическое значение ОСП в момент t составит $h_n^2 = a_n H_n^2$.

Если ни одно из направлений не имеет преимуществ перед другими естественно стремиться к такому распределению ресурса, которое обеспечило бы наилучшее качество связи корреспонденту, находящемуся в данный момент в самых плохих условиях:

$$h_n^2 = \min_{l=1, N} d_l H_l \Rightarrow \max, \sum_{l=1}^N a_l = 1, 0 < a_l < 1 \quad (1)$$

Используя (1), легко показать что коэффициенты a_n должны назначаться на основе соотношения:

$$a_n = \left[1 + H_n^2 \sum_{l=1}^N (H_l^2)^{-1} \right]^{-1} \quad (2)$$

Следует заметить, однако, что для назначения a_n , в распоряжении радиоцентра имеются не истинные значения H_n^2 , а их оценки H_n , относящие-

ся, кроме того, не к моменту t , а к некоторому предшествующему моменту $t_0 = t - \tilde{\tau}$. Если оценивание характеристик канала производится по результатам специальных периодически изучаемых периодических сигналов, то $\tilde{\tau}$ - время, прошедшее после зондирования. Если же оценка качества производится по информационным сигналам, то $\tilde{\tau}$ - неизбежное запаздывание, обусловленное временем распространения сигналов и естественной инерционностью технических средств. Поэтому фактически, коэффициенты a_n определяются на основе (2), а не из соотношения

$$a_n(t) = \left[1 + H_n^2(t) \sum_{l=1}^N H_l^2(t_0) \right]^{-1} \quad (3)$$

Эффективность передачи информации по одному направлению будем оценивать следующими показателями: средней вероятностью ошибки на символ \bar{p} , вероятностью перерыва $p_{пер}$ - вероятностью того, что h_n^2 меньше заданной величины $h_{оон}^2$ и энергетическим выигрышем по сравнению с радиолинией, имеющей автономный передатчик, при одинаковых $p_{пер}$.

Список литературы

[1] Горбунов А.К., Лысенко А.Л., Горбунов Е.А. Эпсилон-энтропия с задержкой при малой средневариатической ошибке воспроизведения. В сборнике энерготехнические процессы: Москва, 2004. – 21-30 с.

[2] Горбунов А.К., Пинскер М.С. Эпсилон энтропия с задержкой гауссовского зашумленного сообщения. Проблемы передачи информации. 1988.Т.24.№3. 18-23 с.

[3] Горбунов А.К., Эпсилон энтропия с задержкой при малой среднеквадратичной оценке воспроизведения. Труды МГТУ сборник статей. Сер. "Труды МГТУ/Московский гос. Технический университет им. Н.Э. Баумана" ред. кол.: А.В. Царькова (гл. ред.) и др. Москва, 2010. 25-37 с.

Рыбкин Кирилл Сергеевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: kirillribkin1998@gmail.com

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

А.А. Сальникова, А.К. Горбунов

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АЛГОРИТМОВ И СТРУКТУР СПЕЦПРОЦЕССОРОВ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Средства кодирования и декодирования (кодеки) являются неотъемлемой частью существующих систем цифровой обработки изображений. К наиболее существенным и общим для большинства систем требованиям, предъявляемым к кодекам, относятся:

- требование обеспечения высокого быстродействия
- требование максимально компактного представления видеоданных при заданных показателях качества системы.

Первое из этих требований связано с необходимостью кодирования изображений в темпе формирования сигналов датчиков, а второе – с необходимостью хранения, передачи и обработки больших массивов видеоданных. В частности, в системах вещательного телевидения, требуемая частота дискретизации сигналов яркости составляет 13,5 МГц. При восьмибитовом кодировании каждого элемента это соответствует скорости передачи в 108 мбит/с. Объем данных, необходимых для представления только одного кадра размерностью 512 элементов, превышает в этом случае 256 кбайт. Очевидно, что удовлетворить столь высоким требованиям весьма сложно.

В связи с этим при оцифровке изображений в подобных системах широко используются различные методы устранения избыточности (сжатия) формируемых данных. Помимо сжатия на кодеки могут возлагаться и другие задачи обработки, включая коррекцию искажений, выделение контуров, фильтрацию. В этом случае сами кодеки можно рассматривать в качестве спецпроцессоров аналого-цифрового преобразования и предварительной обработки видеоданных. Оптимальное распределение функций между спецпроцессорами и другими вычислительными средствами зависит от конкретного типа и целевого назначения системы. При этом основным ограничением на расширение функций спецвычислителей является требование обработки изображений в реальном масштабе времени.

В связи с этим актуальной является задача создания алгоритмов и структур спецпроцессоров, обеспечивающих их широкие функциональные возможности при высоком быстродействии. Одним из эффективных путей решения указанной задачи является разработка спецпроцессоров параллельно-конвейерного типа. В этом случае структура спецпроцессора разбивается на функционально законченные модули, каждый из которых решает ту или иную задачу кодирования или обработки. Элементы изображения обрабатываются модулями конвейера последовательно. Получаемые

на выходах модулей результаты, служат входными данными для следующих модулей конвейера на очередном такте обработки. Предельная частота опроса в такой структуре определяется максимальным временем, затрачиваемым на обработку информации отдельными модулями конвейера. Поэтому для обеспечения высоких динамических свойств в самих модулях целесообразно использовать наиболее быстрые табличные или матричные алгоритмы обработки. При таком подходе наиболее узким местом с точки зрения быстродействия остается собственно кодер, обеспечивающий оцифровку и сжатие видеoinформации. Среди методов сжатия, используемых при оцифровке изображений в реальном масштабе времени, наибольшее применение находят методы дифференциальной импульсно-кодовой модуляции (ДИКМ). Кодер обычного варианта кодека ДИКМ $n \div m$ (n входных и m выходных разрядов) содержит n -разрядный аналого-цифровой преобразователь (АЦП), вычитатель, нелинейный квантователь разностей, кодер канала, а также сумматор и регистр предсказанных значений в цепи обратной связи модулятора. Работа такого устройства основана на кодировании разностей между кодами элементов изображений \mathcal{N}_i : и их предсказанными значениями, формируемыми в цепи обратной связи модулятора. Полученные разности квантуются с помощью фиксированной нелинейной шкалы, состоящей из порогов и уровней квантования. Пороги делят весь диапазон разностей на отдельные участки, каждому из которых соответствует свой уровень квантования. Всем разностям, попавшим на определенный участок, приписывается значение уровня квантования данного участка. Это значение используется в цепи обратной связи для вычисления предсказанного значения следующего элемента изображения. Одновременно на выходе кодера формируется m -разрядный выходной код.

Шкала квантования, используемая в таком кодере, строится исходя из полного диапазона разностей, равного удвоенному диапазону входного сигнала. Однако на каждом такте, при известном предсказанном значении элемента, фактический диапазон возможных значений разностей вдвое меньше и, следовательно, часть шкалы заведомо не используется. Наличие указанной избыточности снижает эффективность кодера. В этих условиях переход к адаптивным шкалам, формируемым исходя из предсказанных значений элементов на соответствующих тактах, позволяет при этой же точности представления получать более высокие коэффициенты сжатия или при тех же показателях сжатия обеспечивать более высокую точность преобразования. К сожалению, переход к адаптивным методам обработки в современных кодерах ограничивается их динамическими возможностями. Для большинства существующих кодеков эти возможности характеризуются максимальными частотами дискретизации порядка $6 \div 8$ МГц. Переход на более быстродействующую элементную базу, как правило, не дает существенного выигрыша. Применение же конвейерной обработки,

предусматривающей расчленение всего алгоритма на составные части, выполняемые на каждом такте независимо друг от друга, затруднен наличием в кодеках обратной связи.

Таким образом, для существенного улучшения динамических свойств необходим переход к принципиально иным методам обработки. Например, метод построения кодеров, реализующих табличные алгоритмы обработки. Такой переход позволяет повысить частоту различных вариантов кодеков до $13 \div 17$ МГц. с одновременным улучшением показателей сжатия или точности. Соответственно повышается допустимая частота дискретизации в параллельно-конвейерных структурах спецпроцессоров, использующих данные кодеры в качестве входных модулей.

Список литературы

[1] *Л.В. Лысенко, А.К. Горбунов, А.П. Коржавый, В.К. Шаталов, А.Л. Лысенко.* Некоторые подходы к разработке энергосберегающих технологий, основанных на транспортных формах переноса момента импульса. - Научноёмкие технологии М., 2013. Т. 14. № 7. С. 20-25

[2] *Л.В. Лысенко, А.К. Горбунов, В.В. Грачев, А.В. Буланов.* Физико-химические процессы в технологии вакуумирования при сжигании порошка титана в среде азота. - Научноёмкие технологии М., 2008. Т. 09. № 10. С. 25-31

[3] *А.К. Горбунов.* Эпсилон-энтропия с прогнозом. - Проблемы передачи информации М., 2009 № 45. С. 12

[4] *А.К. Горбунов, М.С. Пинскер.* Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратической ошибке воспроизведения. - Проблемы передачи информации М., 1987. Т. 23. № 2. С. 3-8

[5] *А.К. Горбунов.* Эпсилон – энтропия с задержкой при малой среднеквадратичной оценке воспроизведения. - Труды МГТУ сборник статей. Сер. «Труды МГТУ/ Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана» ред. кол.: А.В. Царьков (гл. ред.) и др. Москва М., 2010, С. 35-37

Сальникова Анна Александровна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: hearofletters@yandex.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

М.Ю. Кучер, И.В. Размахов, А.К. Горбунов

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА В СЕТЯХ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Информационные сети представляют собой пример достаточно сложных систем, которые характеризуются наличием большого числа разнообразных внутренних связей, т.е. богатством своей внутренней структуры.

Информационные сети (например, сети связи) интересны как существенная и неперенная часть автоматизированных систем управления. Кроме того, имеет самостоятельный интерес автоматизация самих информационных систем.

Основное требование, предъявляемое к функционированию информационной сети, состоит в необходимости обеспечения быстрой и надежной передачи по заданным направлениям информационного обмена как можно большего числа поступающих в сеть сообщений.

Надежность доставки информации определяется вероятностью доведения некоторого массива информации с потерей достоверности, не превышающей заданного уровня, и за время, не превышающее нормы времени доставки в реальных условиях работы сети.

Отдельные элементы сети обладают конечной надежностью, причем эти характеристики постоянно меняются и могут выходить за пределы предъявляемых к ним требований (отказ элементов). При этом желательно, чтобы параметры надежности информационной сети, как системы в целом оставались в пределах допустимого. Понятно, что надежное функционирование системы, в состав которой входят и ненадежные элементы, возможно лишь взаимосвязей за счет богатства внутренних взаимосвязей элементов системы, их взаимозаменяемости (конечно, в определенном смысле).

Элементы сети, не используемые в конкретный момент для осуществления определенной (основной) задачи, находятся как бы в горячем резервировании и могут использоваться в это время для осуществления других задач. При необходимости же некоторые из них могут заменить (вообще говоря, неадекватно) отказавший элемент или группу элементов (линии, узлы связи). Примером этого на сети является использование обходного маршрута для передачи сообщения между двумя соседними узлами, если использование непосредственного канала или пучка каналов между ними стало невозможным.

Такая постановка анализа надежности информационных сетей включает в себя и весьма важные вопросы живучести. При этом состоит задача обеспечения достаточно качественного функционирования сети при условии возможности поражений отдельных ее элементов и целых участков.

Именно наличие достаточной структурной избыточности сети и эффективное использование ее в осуществляемых на сети алгоритмах управления может позволить успешно решать задачу обеспечения высокой живучести информационной сети.

В предположении заданности структуры сети, технологического обеспечения ее элементов и требуемого качества функционирования сети в целом, а также ее подсистем, все тяготы по обеспечению заданных требований по надежности сети ложатся на алгоритм управления ее функционированием. Пути решения этой задачи обязательно включают в себя оптимизацию алгоритмов обслуживания на сети, с одной стороны, оптимальную организацию и сочетание различных видов избыточности сообщений, с другой стороны.

Возможны различные способы организации избыточности сообщений. Наиболее распространенные из них – временная и кодовая избыточность. В современных системах передачи данных используются оба метода организации избыточности в комплексе. Например, применяют коды, обнаруживающие ошибки и блок информации в котором обнаружена ошибка, передают повторно, вплоть до получения подтверждения о правильном приеме.

Использование в информационных сетях радиоканалов характеризующихся большей частотой ошибок и общей надежностью связи, значительно снижает, эффект от использования кодовой и временной избыточности по сравнению с проводными каналами связи. При этом вполне реальна ситуация, когда сообщения приходится передавать в радиосети, элементы которой, выходят за пределы требований по надежности, т.е. являются в этом смысле ненадежными. В таком случае, для повышения надежности функционирования сети до заданного уровня предлагается использовать избыточность передаваемой информации, основанную на избыточности структуры самой сети (сетевая избыточность информации).

Суть такой избыточности состоит в одновременной посылке каждого пакета информации по пучку маршрутов некоторого диаметра. Маршруты пучка при этом являются, вообще говоря, независимыми. Соответствующая задача маршрутизации тогда сводится задаче определения оптимального «диаметра» пучка маршрутов доставки пакетов сообщений, которого требует заданный уровень надежности.

Информационная сеть описывается мультиграфом $G(X, V)$, где $X\{x\}$ - множество вершин графа (узлы сети); $V\{v\}$ - множество дуг графа (каналы сети).

Мультиграф является взвешенным, т.е. каждой его дуге сопоставлена величина P_v –вероятность надежной передачи одного бита информации между парой узлов по v -му каналу (полагая узлы связи абсолютно надежными).

Пусть $I\{i\}$ -множество различных маршрутов на сети. При этом два маршрута, проходящие через одно и то же множество узлов на сети, считаются различными, если в них использованы различные каналы связи.

Считаем отказы элементов сети независимыми событиями. Тогда надежность i -го маршрута на сети будет равна

$$P_i = \prod_{v \in i} (P_v)^{\frac{1}{m}} \quad (1)$$

где $\frac{1}{m}$ –средняя длина сообщений.

Задано ограничение на надежность передачи информации т.е. маршрут считается надежным, если

$$P_i < P_0 \quad (2)$$

Обозначим $I_K(l)$ –некоторый пучок из l маршрутов. Очевидно

$$I_K(l) < I, \cup_K I_K(l) = I \quad (3)$$

Если маршруты пучка являются независимыми (не имеют общих элементов), то надежность $P_{I_K(l)}$ соответствующего информационного направления определяется по известной формуле параллельного соединения

$$I_K(l) = 1 - \prod_{i \in I_K(l)} (1 - P_i) = 1 - \prod_{i \in I_K(l)} [1 - \prod_{v \in i} (P_v)^{\frac{1}{m}}] \quad (4)$$

В общем случае различные пути могут содержать общие элементы и отказы их будут коррелированы. Тем не менее, соотношение (4) применимо и в этом случае, однако следует пользоваться правилом

$$P_v \cdot P_v = P_v \quad (5)$$

Теперь можно сформулировать задачу маршрутизации при сетевой избыточности информации, т.е. задачу определения на заданном направлении обмена пучка маршрутов минимального диаметра, позволяющего достичь требуемого уровня надежности обмена. Найти

$$I_K^* = \min_l I_K(l) \quad (6)$$

при выполнении условия

$$P_{I_K(l)} \geq P_0 \quad (7)$$

Для решения поставленной задачи можно применить известные алгоритмы нахождения K кратчайших путей на графе, такие как алгоритмы Йена, Шира. Очевидным недостатком такого подхода является неопределенность величины K и потому необходимость после нахождения очередного пути проверить условие (7). Кроме того, полученное таким образом множество путей может сильно пересекаться, что в реальной жизни вызовет нежелательную перегрузку некоторых элементов.

Нами предложен алгоритм, основанный на оригинальном методе древесной декомпозиции сетевого графа позволяющий получить требуемое в соответствии с (6)-(7), множество путей не заданном направлении обмена. Трудоемкость алгоритма не превосходит соответствующей величины для алгоритма Йена, т.е. порядка Kn^3 операций.

«Диаметр» получаемого с помощью этого алгоритма пучка определяется в процессе его работы как функция наложенных ограничений на функционал P .

Список литературы

[1] Горбунов А.К., Лысенко А.Л., Горбунов Е.А. Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратической ошибке воспроизведения. В сборнике: Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы. Москва 2004. С. 20-21

[2] Горбунов А.К., Лысенко А.Л., Горбунов Е.А. Вычисление энтропии с экстраполяцией гауссовского сообщения. В сборнике: Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы. Москва 2004. С. 24-32

[3] Горбунов А.К., Чистяков Г.А., Пчелинцева Н.И., Никифоров Д.К. Получение и использование наноструктур и нанопокровов в атомарных и молекулярных газовых лазерах. Научно-технические технологии. 2014. Т. 15 № 10. С. 54-59

[4] Горбунов А.К. Эпсилон энтропия с задержкой при малой среднеквадратичной оценке воспроизведения. Труды МГТУ сборник статей. Сер. «Труды МГТУ/ Московский гос. Технический университет им. Н.Э. Баумана» ред. кол.: А.В. Царьков (гл. ред.) и др. Москва, 2012. С. 35-37

[5] Лысенко А.Л., Горбунов Е.А., Горбунов А.К. Энтропия и скорость создания сообщений без предвосхищения и с прогнозом. В сборнике: Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы. Москва 2004. С. 18-19

Кучер Марина Юрьевна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: kucher.m16@gmail.com

Размахов Илья Вадимович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: il.razmahow@yandex.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

А.О. Лосева, И.Е. Малышев, А.К. Горбунов

ПОВЫШЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Рассматривается РСУ, содержащая n процессорных модулей (ПМ) M_i , которые решают задачи управления объектами. Состояние РСУ есть $S_v = b_1, \dots, b_n$ где $b_i = 0$, если M_i - работоспособный ПМ; $b_i = 1$, если M_i - отказавший ПМ. Начальное состояние - $S^0 = 00 \dots 0$. Требуется путём перераспределения задач (ПЗ) отказавших ПМ по работоспособным обеспечить заданную (или максимальную) отказоустойчивость РСУ при выполнении определённых требований к другим её показателям.

Отказоустойчивость РСУ будем оценивать абсолютным значением её эффективности или вероятностью безотказной работы, понимая под отказом РСУ снижение её эффективности ниже заданного уровня. Эффективность РСУ в состоянии S_v определяем как:

$$E_v = \sum_{\alpha_j \in \Omega^v} \beta_j$$

где β_j - «вес» задачи α_j . Поставленная задача решается путём нахождения оптимального ПЗ для каждого состояния $S_v \in S$, где S подмножество состояний, которое либо задаётся заказчиком, либо строится, исходя из требований к отказоустойчивости РСУ.

Нами показано, что нахождение оптимального распределения задач отказавших ПМ для состояния S_v сводится к следующей задаче ЦЛП:

$$E_v^f = \max, C_v \leq C_v^*, T_i^v \leq T_i^{v*} \quad (i = 1, \dots, g_v), \quad (1)$$

где E_v^f - составляющая эффективности, определяемая выполнением работоспособными АМ задач отказавших ПМ; C_v - затраты на избыточные аппаратные и программные ресурсы, требуемые для реализации ПЗ в состоянии S , T_i^v - производительность модуля M_i в состоянии S_v , оцениваемая средним временем обслуживания в M_i заявки на решение задачи, C_v^* , T_i^{v*} - максимально допустимые значения величин C_v и T_i^v . Полученные формулы величин E_v^f , C_v , T_i^v , позволяющие решить задачу ЦЛП.

Путём совмещения всех найденных для подмножества S распределений G_v находится для каждого ПМ множество задач, которые этот ПМ должен быть способен решать в состоянии S^0 и во всех состояниях $S_v \in S$. Эти множества определяют необходимые избыточные ресурсы (аппарат-

ные и программные), которые должны быть внесены в каждый ПМ при построении РСУ. Описанный подход, называемый нами статистическим, требует хранения в ОЗУ или ПЗУ каждого ПМ должен решать при переходе РСУ в любое из состояний $S_v \in S$. При большом числе состояний S_v (что может потребоваться для достижения высокой отказоустойчивости системы), большом числе и сложности решаемых задач стоимость избыточной памяти может оказаться слишком высокой.

Снижение требуемой избыточности может быть достигнуто путём поэтапного перераспределения задач, основанного на сочетании статического и динамического подходов. Для реализации поэтапного ПЗ система должна иметь общую память (ОП) для хранения программ и данных решаемых в ней задач. Обмен информацией между ОП, реализуемой как долговременная память, и модулями осуществления с помощью управляющего устройства (УУ). Процедура поэтапного ПЗ состоит в следующем:

Этап I. Осуществляется статистическое ПЗ для некоторого заранее сформированного множества $S^1 = \{S_v^1\}$ состояний системы (рис. I). Это перераспределение должно обеспечить выполнение заданных требований к эффективности системы и (или) вероятности её безотказной работы при переходе системы в любое из состояний $S_v^1 \in S^1$. Множество S^1 формируется, исходя из соображений, учитывающих особенности данной системы и предъявляемых к ней требования. Оно может включать, например, все состояния, которые приводят к потере управления наиболее ответственными объектами, либо все состояния, не допускающие перерыва в функционировании системы из-за необходимости её реконфигурации при отказах ПМ, либо все состояния, вероятность перехода в которые из состояния S^0 не менее заданной величины (в простейшем случае – все состояния, соответствующие отказу К любых ПМ). Программы и исходные данные всех дополнительных задач заранее записываются в память модулей в соответствии с полученными распределениями для всех состояний $S_v^1 \in S^1$.

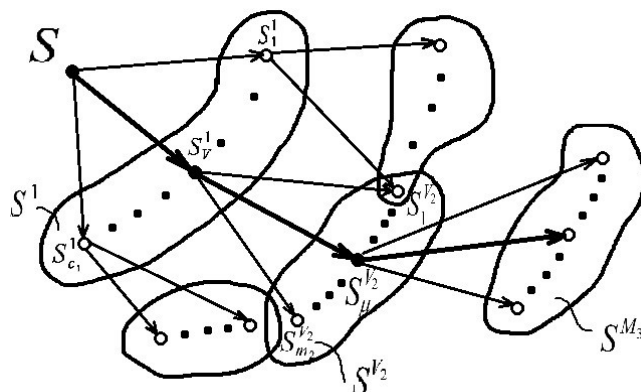


Рис. I.

Этап II. Для каждого из состояний $S_v^1 \in S^1$ (где $v=1, \dots, l_1$) строится множество $S^{v2} = \{S_\mu^{v2}\}$ таких состояний, вероятность перехода в каждое из которых из состояния S_v^1 не менее заданной величины. Для каждого множества S^{v2} ($v=1, \dots, l_1$) выполняется процедура оптимального ПЗ отказавших ПМ, в результате чего находятся списки задач, которые каждый ПМ должен решать при переходе системы в каждое из состояний $S_\mu^{v2} \in S^{v2}$. Программы и данные дополнительных задач не записываются в память модулей.

Этап III. Для каждого состояния $S_\mu^{v2} \in S^{v2}$ строится множество $S^{\mu3} = \{S_\psi^{\mu3}\}$, $\mu=1, \dots, m2$ (аналогично этапу 2) и для каждого множества $S^{\mu3}$ решается задача оптимального ПЗ с получением соответствующих списков задач. Аналогично выполняются последующие этапы.

При переходе системы в следствии отказов модулей в какое-либо состояние $S_v^1 \in S^1$ немедленно начинается выполнение задач отказавших ПМ работоспособными ПМ в соответствии с распределением задач, полученным на первом тапе для множества S^1 . Одновременно осуществляется считывание из ОП и запись в память соответствующих ПМ в соответствии со списками задач, полученными для всех состояний множества S^{v2} . При этом избыточные задачи, решение которых могло бы потребоваться только в состояниях $S_\gamma^1 \neq S_v^1$, где $S_\gamma^1 \in S^1$ могут быть стёрты из памяти модулей.

Теперь, если система переходит из состояния S_v^1 в любое состояние $S_\mu^{v2} \in S^{v2}$, то начинается выполнение задач отказавших ПМ в соответствии с распределением задач для множества S^{v2} и одновременно – переписывание задач из ПО в паять модулей в соответствии со списками, полученными для состояний множества $S^{\mu3}$.

Количество этапов перераспределения определяется заданными требованиями к надёжности системы. Списки задач для каждого ПМ, соответствующие всем состояниям множеств S^{v2} , $S^{\mu3}$ и т.д. могут быть вычислены заранее при решении соответствующих задач перераспределения и храниться в памяти УУ. Они могут также вычисляться в том же УУ в процессе работы системы на шаг вперёд (т.е. в состоянии S_v^1 производятся вычисления для множества S^{v2} , в состоянии S_μ^{v2} - для множества $S^{\mu3}$ и т.д.).

При изложенном подходе в модуле системы производится запись дополнительных задач в расчёте на наиболее вероятные переходы системы. При других переходах, для которых работоспособные ПМ не подготовлены к немедленному выполнению задач отказавших ПМ, например, переход

$S^0 \rightarrow S_\mu^{v_2}$ (рис. 1), необходимо временное прекращение функционирования системы для передачи задачи задач из ОП в память соответствующих ПМ. Поэтому множество S^1 , S^{v_2} , S^{μ_3} и т.д. строятся таким образом, чтобы вероятность возникновения такой ситуации или среднее время простоя в работе системы были не более допустимых.

Поскольку может оказаться необходимым использование избыточных ПМ в том случае, когда без них не удаётся выполнить заданные требования к системе, то разработан алгоритм ПЗ, позволяющий вводить необходимое число избыточных ПМ.

Выбор того или иного метода перераспределения задач определяется типом системы и предъявляемыми к ней требованиями.

ЛИТЕРАТУРА

[1] *Хворостов В. И., Горбунов А. К., Хворостова Н. Н., Силаева Н. А.* Физико-технологические особенности применения имитирующих структур в газоразрядных лазерных датчиках. *Научно-технические технологии*, 2012, № 10, с. 34-39.

[2] *Лысенко Л. В., Горбунов А. К., Шаталов В. К., Лысенко А. Л., Овчаренко И. Н.* Энерго-технологическая интерпретация основного закона динамики. *Научно-технические технологии*, 2014, № 08, с. 55-58.

[3] *Горбунов А. К., Коржавый А. П., Лысенко Л. В., Лысенко А. Л., Шаталов В. К.* Элементы теоретических основ природоподобных процессов. *Научно-технические технологии*, 2015, № 06, с. 52-57.

[4] *Горбунов А. К., Пинскер М. С.* Эпсилон-энтропия с задержкой гауссовского зашумлённого сообщения. *Проблемы передачи информации*. 1998, № 3, с. 18-23.

[5] *Горбунов А. К.* Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратичной оценке воспроизведения. *Труды МГТУ, сборник статей. Сер. «Труды МГТУ/Московский гос. Технический университет им. Н. Э. Баумана» ред. кол.: А. В. Царьков (гл. ред.) и др. Москва, 2010, с. 35-37.*

Лосева Анастасия Олеговна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: loseva98@icloud.com

Мальшев Илья Евгеньевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

Р.Р. Байманов, А.К. Горбунов

ПОМЕХОУСТОЙЧИВОЕ КОДИРОВАНИЕ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Скремблирование цифровых сигналов, и т.е. их преобразование при помощи линейного рекуррентного регистра (ЛРР) широко используется при передаче данных, поскольку оно улучшает спектр сигналов и облегчает на приеме задачу тактовой синхронизации. Восстановление сигналов на приёмной стороне обычно производится при помощи аналогичного ЛРР.

Поток ошибок \bar{e} канала связи подвергается в дескремблере аффинно – линейному преобразованию:

$$\hat{e} = \bar{e}H \oplus \hat{b}$$

где H - неособенная матрица, определяемая коэффициентами k_i, k_1, \dots, k_n ; \hat{b} - двоичный вектор, однозначно определяемый начальным заполнением дескремблера $\hat{b} = (b_i, \dots, b_{n-1})$.

Вероятности $P(\hat{e})$ появления любых конфигураций \hat{e} ошибок конечной длины на выходе дескремблера, могут быть найдены при известных вероятностях $P(\bar{e})$ конфигурации \hat{e} ошибок конечной длины на входе:

$$P(\hat{e}) = P(\bar{e} = (\hat{e} \oplus \hat{b})H^{-1})$$

Если канал связи – ДСК без памяти с вероятностью ошибки символа p , то коэффициент размножения ошибок K_p после дескремблирования будет равен

$$K_p = \frac{1 - (1 - 2p)^S}{2p}$$

где S – число ненулевых коэффициентов k_0, k_1, \dots, k .

Несмотря на то, что при значительных величинах S размножение ошибок может быть очень велико, легко доказать, что пропускная способность дискретного канала после скремблирования и дескремблирования не меняется.

Однако нельзя явно воспользоваться доказательством этой теоремы для реализации пропускной способности: т.к. оптимальное кодирование сведется тогда к объединению обычного кодера и дескремблера, что в совокупности с последующим скремблированием полностью устраняет эти преобразования.

Поэтому рассматриваются линейные коды, гарантированно исправляющие определенное число ошибок и находятся условия, при которых их исправляющая способность сохраняется и после скремблирования. Выбираются коды, в частности исправляющие пакеты ошибок, которые при

определенных ограничениях на коэффициенты k_0, \dots, k_n позволяют повышать вероятность передачи сообщений в скремблированном канале.

Рассматривается случай, когда источник двоичных сообщений обладает естественной избыточностью, которая в первом приближении может быть описана простой цепью Маркова $I^{\text{го}}$ порядка. Тогда, если известен $(n+1)$ смежный выходной символ скремблера – $y_1, y_2, \dots, y_n, y_{n+1}$, то по символам y_1, y_2, \dots, y_n можно однозначно рассчитать значение символа, появляющегося на выходе петли обратной связи скремблера, а в совокупности со знанием символа y_{n+1} это позволяет вычислить значение входного символа x_{n+1} . Поскольку источник описывается простой цепью Маркова, то появляется возможность рассчитать вероятность появления следующего входного символа $-P(x_{n+2}/x_{n+1})$, а следовательно и вероятность следующего входного символа y_{n+2} . Поэтому последовательность состояний из $(n+1)^{\text{го}}$ смежного выходного символа образует простую цепь Маркова.

Используя известный алгоритм Витерби для максимально правдоподобной оценки марковской последовательности в независимом шуме, можно произвести исправление ошибок в выходной последовательности скремблера \bar{y} , а затем восстановить входную последовательность \bar{x} при помощи дескремблирования.

Приводятся теоретические оценки эффективности данного метода исправления ошибок в скремблированном канале, а также результаты моделирования на ЭВМ марковского источника с различными переходными вероятностями скремблера. Находятся условия на матрицу переходных вероятностей и время запаздывания при принятии решения о символе по алгоритму Витерби, при которых данный метод оказывается эффективным.

Литература:

[1] *Хворостов В. И., Горбунов А.К., Хворостова Н.Н.* Физико-технологические особенности применения имитирующих структур в газоразрядных лазерных датчиках Т.1: Теория и расчёты. Труды МГТУ им. Н.Э. Баумана. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012, № 10, 70 с.

[2] *Горбунов А.К.* Эпсилон – энтропия с задержкой при малой среднеквадратичной оценке воспроизведения Труды МГТУ им. Н.Э. Баумана. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010, 140 с.

Байманов Роман Русланович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: sufirt2@yandex.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

А.В. Соколов, А.К. Горбунов

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ДИСКРЕТНОГО КАНАЛА

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Одна из наиболее часто используемых моделей дискретных каналов связи – модель в виде функции цепи Маркова (ФЦМ). Пусть $X = \{x\}$ – множество значений ошибок. Стационарная ФЦМ задается набором неотрицательных квадратных матриц $\{P(x)\}$, $x \in X$ таких, что $\sum_x P(x) = P$ – стохастическая матрица. Вероятность произвольной последовательности $\bar{x} = (x_1, \dots, x_n)$ подсчитывается по формуле

$$p(\bar{x}) = \bar{p} \prod_{i=1}^n P(x_i) \bar{e}, \quad (1)$$

в которой \bar{p} – стационарный вектор матрицы P , т.е. вектор, удовлетворяющий уравнению $\bar{p}P = \bar{p}$, \bar{e} – вектор из всех единиц.

Соотношение вида (1) может задавать распределение вероятностей на множестве X^n при всех n и в том случае, когда ограничения на неотрицательность матриц $P(x)$ и стохастичность P не выполняются. Соответствующий случайным процесс называют функцией псевдомарковской цепи (ФПЦМ). Описание процесса в виде ФЦМ или ФПЦМ неоднозначно. Различные наборы матриц могут задавать одни и те же распределения вероятностей. Минимальная размерность r матриц, описывающих некоторый процесс, называется рангом данного процесса.

В настоящей работе рассматривается задача построения оценок матриц, задающих описание модели дискретного канала по реализации (x_1, x_2, \dots, x_N) достаточно большой, но конечной длины N .

При $N \rightarrow \infty$ для любого конечного числа n могут быть сколь угодно точно получены оценки вероятностей $p(\bar{x})$ последовательностей $\bar{x} \in X^n$. В этом случае задача сводится к получению формул, связывающих параметры модели с вероятностями последовательностей конечной длины. В такой постановке задача решалась в работах.

Сформулируем известное решение задачи. Пусть $U = \{\bar{u}_i\}$, $V = \{\bar{v}_i\}$, $i = \overline{1, r}$ – два множества последовательностей с элементами из X . Длины последовательностей из каждого множества различны и не превышают величины $r-1$. Через $p(\bar{u}\bar{v})$ обозначается вероятность последовательности,

составленной из последовательностей \bar{u} и \bar{v} . Для цепи ранга r существуют множества U и V такие, в которых $\bar{u}_1 = \bar{v}_1 = \emptyset$ (пустая последовательность), и для которых матрица $Q = \left\{ p(\bar{u}_i \bar{v}_j) \right\}$, $i, j = \overline{1, r}$, не вырождена. Такие множества U и V называются соответственно левым и правым множествами базисных последовательностей. Для каждого $x \in X$ составим матрицу

$$Q(x) = \left\{ p(\bar{u}_i x \bar{v}_j) \right\}, \quad i, j = \overline{1, r}.$$

Положим

$$A(x) = Q^{-1} Q(x), \quad \bar{a} = (1, p(\bar{u}_1), \dots, p(\bar{u}_r)), \quad \bar{b} = (1, 0, \dots, 0)'. \quad (2)$$

Тогда вероятности $p(\bar{x})$ могут быть вычислены по формуле

$$p(\bar{x}) = \bar{a} \prod_{i=1}^n A(x_i) \bar{b}, \quad (3)$$

т.е. матрицы $A(x)$ задают описание модели канала в виде ФПЦМ.

$p(\bar{x})$ известны их оценки $\hat{p}(\bar{x})$, вычисленные как частоты соответствующих комбинаций ошибок в реализации длины N . Введем в рассмотрение множества \hat{U} , \hat{V} такие, что $U \subset \hat{U}$, $V \subset \hat{V}$, $|\hat{U}| = m$, $|\hat{V}| = \hat{r} > r$.

Введем матрицы размерности $m \times \hat{r}$

$$\hat{Q} = \left\{ \hat{p}(\bar{u} \bar{v}) \right\}, \quad \bar{u} \in \hat{U}, \bar{v} \in \hat{V}$$

$$\hat{Q}(x) = \left\{ \hat{p}(\bar{u} x \bar{v}) \right\}, \quad \bar{u} \in \hat{U}, \bar{v} \in \hat{V}$$

для всех $x \in X$.

Тогда в качестве оценок $\hat{A}(x)$ матриц, задающих описание канала, предлагается выбирать наилучшее в смысле метрики Евклида решения матричных уравнений $\hat{Q} \hat{A}(x) = \hat{Q}(x)$, $x \in X$, (4)

При этом выбираем $\hat{a} = (1, \hat{p}(\bar{u}_1), \dots, \hat{p}(\bar{u}_r))$, $\hat{b} = (1, 0, \dots, 0)'$.

Решение уравнения (4) может быть получено любым из используемых в статистике методов решения нормальных уравнений (метод Хаусхольдера, ортогональное треугольное разложение, метод квадратного корня и т.п.

Заметим, что с точки зрения практического использования желательно иметь модель, задаваемую матрицами наименьшей размерности r . Перечисленными выше численными методами в уравнениях (4) могут быть удалены из Q наименее «существенные» столбцы (те, которые наиболее точно выражаются как линейные комбинации других столбцов). Удаляя соответствующие столбцы $Q(x)$ и решая получаемые матричные уравнения, будем получать последовательность моделей ранга $\hat{r}, \hat{r}-1, \dots, 2, 1$. Тем самым будет построен набор моделей с убывающей точностью. Окончательное решение в пользу из моделей (или отказ от модели в виде ФПЦМ) может быть принято после проверки гипотезы о модели канала, которая может быть произведена по критерию χ^2 как проверка гипотезы о законе распределения некоторой случайной величины, связанной с рассматриваемым случайным процессом. Такой случайной величиной могут быть выбраны значения длин серий нулей, значения числа ошибок на блоке фиксированной длины n и т.п.

Одна из ключевых задач, которую приходится решать при использовании предлагаемого подхода, состоит в выборе множеств \hat{U}, \hat{V} , заведомо включающих в себя множества U, V левых и правых базисных последовательностей. Возможное решение состоит в том, что, если r_0 - максимальный ранг возможной модели, то в качестве \hat{U}, \hat{V} выбираются множества, содержащие всевозможные последовательности длины $r_0 - 1$.

Такой подход требует большого количества вычислений при решении уравнений (4). Кроме того при разумных длинах потоков ошибок трудно рассчитывать на получение надежных оценок вероятностей всех последовательностей вида $\bar{u} \times \bar{v}$.

Рассмотрим удобнее для применения правило построения множеств \hat{U} и \hat{V} . Можно показать, что доля ФЦМ или ФПЦМ, для которых оно не приводит при $N \rightarrow \infty$ к правильному определению параметров модели, бесконечно мала.

Рассмотрим частный случай $X = \{0, 1\}$.

$$\text{Положим } \hat{U} = \{\emptyset, 1, 1z, \dots, 1z^{m-2}\},$$

$$\hat{V} = \{\emptyset, 1, z1, \dots, z^{\hat{r}-2}1\},$$

где символ z означает, что на данной позиции может быть как 0 так и

I. Такому выбору \hat{U}, \hat{V} соответствуют матрицы:

$$\hat{Q} = \begin{pmatrix} 1 & \hat{p}(1) & \dots & \hat{p}(1) \\ \hat{p}(1) & B & & \\ \hat{p}(1) & & & \end{pmatrix}, \quad \hat{Q}_z = \begin{pmatrix} 1 & \hat{p}(1) & \dots & \hat{p}(1) \\ \hat{p}(1) & B_z & & \\ \hat{p}(1) & & & \end{pmatrix},$$

$$\hat{Q}_1 = \begin{pmatrix} \hat{p}(1) & \hat{p}(11) & \dots & \hat{p}(1) \\ \hat{p}(11) & B_1 & & \\ \hat{p}(1z^{m-2}1) & & & \end{pmatrix},$$

где матрицы B, B_z, B_1 имеют вид

$$B = \left\{ \hat{p}(1z^{i+j-2}1) \right\}, i = \overline{1, m}, \quad \overline{j = 1, r},$$

$$B_z = \left\{ \hat{p}(1z^{i+j-1}1) \right\}, i = \overline{1, m}, \quad \overline{j = 1, r},$$

$$B_1 = \left\{ \hat{p}(1z^{i-1}1z^{j-1}1) \right\}, i = \overline{1, m}, \quad \overline{j = 1, r}.$$

Из уравнений $\hat{Q} \hat{A} = \hat{Q}_z; \hat{Q} \hat{A}(1) = Q_1$

Находим матрицы $\hat{A}, \hat{A}(1)$. Матрицу $A(0)$ находим по формуле $\hat{A}(0) = \hat{A} - \hat{A}(1)$. Итак, для определения параметров ФПЦМ достаточно оценить совместные вероятности появления единиц на парах и тройках позиций.

Отметим, что предлагаемые формулы приводят к модели в виде ФЦМ, которая в данном случае совпадает с моделью Гилберта-Элиотта. Для этого по найденным матрицам, задающим ФПЦМ ранга 2, нужно найти вероятности последовательностей длины 3, а затем воспользоваться формулами работы для получения модели в требуемой форме.

Список литературы.

[1] Лысенко Л.В., Горбунов А.К., Коржавый А.П., Шаталов В.К., Лысенко А.Л. Некоторые подходы к разработке энергосберегающих технологий, основанных на транспортных формах переноса момента импульса. *Наукоемкие технологии*, 2013. Т. 14. № 7. С. 20-25

[2] Лысенко А.Л., Горбунов А.К., Грачев В.В., Буланов А.В. Физико-химические процессы в технологии вакуумирования при сжигании порошка титана в среде азота. *Научно-технические технологии*, 2008. Т. 09. № 10. С. 25-31

[3] Горбунов А.К. Эпсилон-энтропия с прогнозом. *Проблемы передачи информации*. 2009. № 45. С. 12

[4] Горбунов А.К., Пинскер М.С. Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратической ошибке воспроизведения. *Проблемы передачи информации*. 1987. Т. 23. № 2. С. 3-8.

[5] Горбунов А.К. Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратичной оценке воспроизведения. *Труды МГТУ сборник статей. Сер. «Труды МГУ/Московский гос. технический университет им. Н.Э. Баумана» ред. кол.: А.В. Царьков (гл. ред.) и др. Москва, 2010. С. 35-37*

Соколов Артемий Владимирович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: sokol.artem2010@yandex.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

А.А. Сальникова, В.И. Кодубенко, А.К. Горбунов

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ФУРЬЕ ПРИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИЗБЫТОЧНОСТИ БПФ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

В некоторых системах обработки информации требуется значение только \mathcal{L} определенных компонент \mathcal{N} - вектора ($\mathcal{N} > \mathcal{L}$) дискретного преобразования Фурье (ДПФ) \mathcal{N} комплексных (вещественных) чисел. Применение известных алгоритмов быстрого преобразования Фурье (БПФ), сложность которых имеет порядок $\mathcal{N} \log \mathcal{N}$, сопровождается вычислением информационно избыточных коэффициентов ДПФ. Поэтому при малых \mathcal{L} БПФ не дает экономии по сравнению с непосредственным вычислением выбранных компонент ДПФ, требующим выполнения $\mathcal{O}(\mathcal{N}\mathcal{L})$ арифметических операций. Указанная избыточность вычислений БПФ избегается в следующем алгоритме выборочного быстрого преобразования Фурье (ВБПФ), являющимся модификацией схемы БПФ и позволяющим вычислять \mathcal{L} требуемых коэффициентов Фурье так, что число необходимых для этого арифметических операций есть $\mathcal{O}(\mathcal{N} \log \mathcal{L})$ и находится в интервале $[2(\mathcal{L} \log_2 \mathcal{L} + \mathcal{N} - \mathcal{L}), 2(\mathcal{N} \log_2 \mathcal{L} + \mathcal{N} - \mathcal{L})]$.

Рассматривается \mathcal{N} - вектор с комплексными компонентами $y = (y_0, \dots, y_{\mathcal{N}-1})$. ДПФ вектора y есть \mathcal{N} - вектор $c = (c_0, \dots, c_{\mathcal{N}-1})$, где $c_j = \sum_{\mu=0}^{\mathcal{N}-1} y_{\mu} e^{-2\pi i j \mu / \mathcal{N}}$, $j = 0, 1, \dots, \mathcal{N} - 1$.

Требуется вычислить значения c_j с данными номерами $j = n_{\nu}$, $\nu = 1, 2, \dots, \mathcal{L}$.

Введем многочлен $p(x) = \sum_{\mu=0}^{\mathcal{N}-1} y_{\mu} x^{\mu}$ и число $w = e^{-2\pi i / \mathcal{N}}$. Тогда $c_j = p(w^j)$ и поставленная задача сводится к вычислению значения полинома степени $\mathcal{N} - 1$ в \mathcal{L} данных точках, являющихся степенями w .

Будем находить значение полинома $p(x)$ в точке γ , как остаток от деления $p(x)$ на $x - \gamma$, посредством последовательного деления на многочлены $q_1(x), \dots, q_m(x)$, где $q_m(x) = x - \gamma$ и $q_j(x)$ делится без остатка на $q_{j+1}(x)$. Такой путь вычисления $p(j)$ с разумным выбором последовательности многочленов $q_j(x)$ и приводит к БПФ. Наиболее эффективен он в случае, когда порядок полинома есть степень числа 2. Поэтому здесь предполагается, что $\mathcal{N} = 2^k$.

Обозначим через $[d_0, \dots, d_{k-1}]_2$ двоичное представление целого неотрицательного числа $j < 2^k$, а через $rev j$ - число с двоичным представлением $[d_{k-1}, \dots, d_0]_2$. Введем целое $\mathcal{R} = k - entier(\log_2 \mathcal{L})$ и определим последовательность целых неотрицательных чисел

$$n_{\nu, m} (\nu = 1, \dots, \mathcal{L}, m = 0, \dots, \mathcal{R}):$$

$$n_{\nu, 0} = rev n_{\nu}, n_{\nu, m} = 2^m (n_{\nu, m-1} \div 2^m)$$

при $m = 1, \dots, \mathcal{R}$, где \div обозначает деление нацело. Определим полиномы $q_{\ell,m}(x)$ с помощью рекурсии по возрастанию m от 0 до k

$$q_{\ell,0}(x) = x - w^{rev \ell}, \ell = 0, \dots, 2^k - 1, m = 0,$$

$$q_{\ell,m}(x) = q_{\ell,m-1}(x)q_{\ell+2^{m-2},m-1}(x), \ell = 0, 2^m, \dots, 2^k - 2^m, m = 1, \dots, k.$$

Алгоритм ВБПФ состоит в последовательном нахождении полиномов

$$r_{\ell,m}(x) = \sum_{j=0}^{2^m-1} a_j^{\ell,m} x^j,$$

являющихся остатком от деления $p(x)$ на $q_{\ell,m}(x)$ по следующим формулам

$$r_{0,k}(x) = p(x) \text{ при } m = k,$$

$$r_{\ell,m-1}(x) = \sum_{j=0}^{2^{m-1}-1} \left(a_j^{(\ell,m)} + \gamma_{\beta} a_{j+2^{m-1}}^{(\ell,m)} \right) x^j,$$

$$r_{\ell+2^{m-1},m-1}(x) = \sum_{j=0}^{2^{m-1}-1} \left(a_j^{(\ell,m)} + \gamma_{\beta+N/2} a_{j+2^{m-1}}^{(\ell,m)} \right) x^j,$$

где $\beta = rev \left(\ell / 2^{m-1} \right)$, при $\ell = 0, 2^m, \dots, 2^k - 2^m, m = k, \dots, \mathcal{R} + 1$,

$$r_{n_{\nu},m-1,m-1}(x) = \sum_{j=0}^{2^{m-1}-1} \left(a_j^{(n_{\nu},m,m)} + \gamma_{\rho} a_{j+2^{m-1}}^{(n_{\nu},m,m)} \right) x^j,$$

где $\rho = rev \left(n_{\nu},m-1 / 2^{m-1} \right)$, при $\nu = 1, 2, \dots, \mathcal{L}, m = \mathcal{R}, \mathcal{R} - 1, \dots, 1$.

Многочлены нулевого порядка $r_{n_{\nu},0>0}$ и являются искомыми значениями полинома $p(x)$ в точках $w^{n_{\nu}}$.

Список литературы

[1] Л.В. Лысенко, А.К. Горбунов, А.П. Коржавый, В.К. Шаталов, А.Л. Лысенко. Некоторые подходы к разработке энергосберегающих технологий, основанных на транспортных формах переноса момента импульса. - Научно-технические технологии, 2013. Т. 14. № 7. С. 20-25

[2] Л.В. Лысенко, А.К. Горбунов, В.В. Грачев, А.В. Буланов. Физико-химические процессы в технологии вакуумирования при сжигании порошка титана в среде азота. - Научно-технические технологии, 2008. Т. 09. № 10. С. 25-31

[3] А.К. Горбунов. Эпсилон-энтропия с прогнозом. - Проблемы передачи информации, 2009 № 45. С. 12

[4] А.К. Горбунов, М.С. Пинскер. Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратической ошибке воспроизведения. - Проблемы передачи информации, 1987. Т. 23. № 2. С. 3-8

[5] А.К. Горбунов. Эпсилон – энтропия с задержкой при малой среднеквадратичной оценке воспроизведения. - Труды МГТУ сборник статей. Сер. «Труды МГТУ/ Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана» ред. кол.: А.В. Царьков (гл.ред.) и др. Москва, 2010 С. 35-37

Сальникова Анна Александровна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: hearofletters@yandex.ru

Кодубенко Виктория Игоревна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: vkodubienko@yandex.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

Д.С. Туруева, И.Е. Малышев, А.К. Горбунов

ПРОЦЕДУРЫ ОПТИМИЗАЦИИ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

1. Адаптивные постановки задач на основе избыточных переменных.

Можно выделить два подхода к формальным постановкам задач: априорный и адаптивный. Первый подход предлагает последовательное выполнение следующих четырех фаз:

- общая формулировка задачи;
- разработка алгоритма её решения;
- конкретная формулировка задачи, включающая определение количества и задание численных значений исходных данных по мере реализации некоторого последовательно уточняемого алгоритма. Принципиальным преимуществом второго подхода является возможность учета при формулировке задачи дополнительной информации: состава и конкретных значений исходных данных. В ряде приложений адаптивная постановка задач является единственно возможной. В некоторых случаях адаптивная постановка задач позволяет уменьшить требуемое количество исходных данных. По мере увеличения быстродействия ЭВМ количество требуемых исходных данных /определение которых в отличие от реализации алгоритма обычно связано с неформальными процедурами/ все в большей степени определяет затраты на решение и в некоторых случаях может ограничивать допустимую размерность задач.

Одна из возможных схем адаптивных постановок задач заключается в априорной формулировке задачи с избыточным набором исходных данных A , включающем два подмножества:

- подмножество исходных данных A_1 , для которых априорно задаются численные значения;
- подмножество исходных данных A_2 , для части из которых – подмножества $A'_2 \subset A_2$, итеративно формируемого в процессе решения задачи, численные значения так же определяются в процессе решения.

Ниже рассматриваются адаптивные постановки двух задач долгосрочного планирования научных исследований и разработок, для которого характерна достаточная сложность получения количественных оценок.

2. Задача выбора наиболее предпочтительного перечня проектов, зависящих по предпочтению.

При программно-целевом планировании научных исследований и разработок, проектировании объектов многоцелевого назначения и в ряде других приложений встает задача выбора наиболее предпочтительного набора проектов при отсутствии формального задания целевой функции. Рассмотрим следующую адаптивную постановку данной задачи.

В качестве основных объектов будем рассматривать множество L проектов $l \in L$, выполнение каждого из которых дает определенный положительный эффект /полезность/ и множество V их всех возможных наборов $u \in V$, реализуемых располагаемым ресурсом \bar{V} – множество субнаборов. При этом значительная часть проектов $l \in L$ зависит по предпочтению. Вводятся следующие ограничения.

1. На множестве \tilde{V} всех возможных наборов проектов, в том числе и на его подмножестве $V \subset \tilde{V}$ существуют, но априори неизвестны функция полезности и соответствующее ей отношение совершенного строгого порядка, которое вместе с тем может быть выявлено ЛПР для любой пары субнаборов.

2. Множество L может быть разбито на два непересекающихся подмножества - ω_0 /ствол/ и λ_0 /крона/, $L \in \omega_0 \cup \lambda_0$, для которого выполняются следующие условия: а) $\omega_0 \in V$; б) существует формальная процедура η , обеспечивающая определение наиболее предпочтительной замены произвольного набора $V \subset \omega_0$ поднабором $\lambda[V] \subset \lambda_0$.

При этом допускается зависимость по предпочтению проектов $l \in \omega_0$ /между собой/ и зависимость между проектами $l' \in \omega_0$ и наборами $\theta \subset \omega_0$.

3. Для группы S -первых по предпочтению субнаборов из множества V_0 субнаборов $u \subset V_0$ с наиболее предпочтительными заменами известны вероятности P_i выполнения следующего условия: для субнабора $u[V]$ выполняется условие μ , если для любого $\bar{V} \subset V$ выполнено $u[\bar{V}] > \omega_0$, где $u[V] = (\omega_0 \setminus V) \cup \lambda[V]$ / события μ для субнаборов u_i ($i=1,3$) предполагаются статически независимыми/.

Требуется определить субнабор, который бы с вероятностью $P=1-\prod_{i=1}^{\alpha}(1-P_i)$ входил в группу d -первых по предпочтению субнаборов из множества V_0 субнаборов с наиболее предпочтительными заменами при минимальном числе субнабором представляемых ЛПР. /В данной постановке задачи в качестве элементов подмножества A_2 рассматриваются предпочтения ЛПР на каждой паре субнаборов с наиболее предпочтительными заменами./

Можно показать, что решение данной задачи может быть получено на основе следующей формальной процедуры представления субнаборов ЛПР. ЛПР последовательно представляются все субнаборы с наиболее предпочтительной заменой одного проекта l ствола ω_0 /I группа замен/, при этом выявляются субнаборы $u[V]$ ($u[V] \in C(1,k)$), такие, что $u[V] < \omega_0$ и текущий наиболее предпочтительный субнабор u_t^0 . Далее ЛПР представляются субнаборы второй группы замен с заменами в стволе ω_0 двух проектов и т.д., вплоть до k -й группы замен, где k - число проектов ω_0 . При этом в каждой группе замен j ЛПР не представляется любой субнабор $u[V_j] \in \bar{C}(k,j)$ – такой, что $V_g \subset V_j$ ($g < j$) и $u[V_g] < \omega_0$. Последний текущий наиболее предпочтительный субнабор u_t рассматривается как наиболее предпочтительный.

Список литературы

[1] Горбунов А.К. Эпсилон-энтропия с задержкой при малой средне-квадратичной ошибке воспроизведения. Труды МГТУ, сборник статей. Сер. «Труды МГТУ/Московский гос. Технический университет им. Н.Э. Баумана» ред. кол.: А. В. Царьков (гл.ред.) и др. Москва, 2010. С.35-42.

[2] Хворостов В.И., Горбунов А.К., Хворостова Н.Н., Силаева Н.А. Физико-технологические особенности применения имитирующих структур в газоразрядных лазерных датчиках. Научные технологии, 2012, №10, с. 34-39.

[3] Лысенко Л.В., Горбунов А.К., Шаталов В.К., Лысенко А.Л., Овчаренко И.Н. Энерго-технологическая интерпретация основного закона динамики. Научные технологии, 2014, №08, с.55-58.

[4] Горбунов А.К., Коржавый А.П., Лысенко Л.В., Лысенко А.Л., Шаталов В.К. Элементы теоретических основ природоподобных процессов. Научные технологии, 2015, №06, с. 52-57.

[5] Горбунов А.К., Пинскер М.С. Эпсилон-энтропия с задержкой гауссовского зашумленного сообщения. Проблемы передачи информации, 1998, №3, с.18-23.

[6] Горбунов А.К. Эпсилон-энтропия с задержкой при малой средне-квадратичной оценке воспроизведения. Труды МГТУ, сборник статей. Сер. «Труды МГТУ/Московский гос. Технический университет им. Н.Э. Баумана» ред. кол.: А. В. Царьков (гл.ред.) и др. Москва, 2010. С.35-42.

Туруева Дарья Сергеевна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: dasha.turueva@yandex.ru

Мальшев Илья Евгеньевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

А.С. Ельцов, П.А. Зорина, А.К. Горбунов

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУРЫ ЦИКЛИЧЕСКОГО КОДИРОВАНИЯ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Циклические коды широко применяются в различных системах телеобработки для защиты от ошибок, поскольку имеют высокую обнаруживающую способность при небольшой избыточности и легко реализуются аппаратно на основе многотактных линейных фильтров. Но возрастающее использование сравнительно недорогих мини- и микро-ЭВМ в многомашинных автоматизированных системах делает возможным осуществлять кодирование циклическими кодами, с целью обнаружения ошибок при передаче информации, и на микропрограммном или программном уровне. Основными требованиями, предъявляемыми в этом случае к соответствующим алгоритмам, являются требования минимизации объема используемой оперативной памяти и затрат машинного времени.

Прямая эмуляция в ЭВМ аппаратных алгоритмов циклического кодирования на основе многотактных линейных фильтров, как правило, неприемлема вследствие большого числа затрачиваемых машинных операций. Затраты в этом случае составляют не менее 40 операций на байт кодируемой последовательности. Эти затраты можно снизить, разработав алгоритмы циклического кодирования, ориентированные на программную реализацию.

Есть ряд работ, посвященных проблеме разработки программно-ориентированных алгоритмов циклического кодирования. Используя матричное описание работы многотактного линейного фильтра, получили итеративные соотношения, позволяющие корректировать проверочную последовательность после каждого кодируемого бита, а на основе этого результата – после каждого кодируемого байта. Этот подход развивался в ряде других работ.

Получено итеративное соотношение, позволяющее корректировать проверочную последовательность после каждых двух кодируемых байтов.

Наряду с упомянутым подходом представляется правомерным рассмотрение другого, относительно простого подхода, основанного на описании циклических кодов с помощью многочленов и использовании правил выполнения алгебраических действий над ними. Кодирование циклическим кодом осуществляется следующим образом. Информационной последовательности, состоящей из k двоичных символов a_0, a_1, \dots, a_{k-1} ставится в соответствие многочлен

$a(x) = \sum_{i=1}^k a_{k-i} x^{k-i}$. Этот многочлен умножается на x^{n-k} , а затем делится на

генераторный полином $g(x)$ степени $n-k$, где n – длина всей кодовой последовательности. При делении получается остаток $r(x)$, $n-k$ коэффициентов которого образуют проверочную последовательность, передаваемую в канал связи вслед за информационной последовательностью. В канале добавляется шумовая последовательность, которой соответствует многочлен $e(x)$. В итоге, на выходе канала возникает последовательность, многочлен которой имеет вид $b(x) = a(x)x^{n-k} + r(x) + e(x)$. Обнаружение ошибок, возникших при передаче, осуществляется делением многочлена $b(x)$ на $g(x)$. Если при этом получается ненулевой остаток, то это означает, что полученная информация содержит ошибки.

В дальнейших рассуждениях будем считать, что арифметические операции, производимые над многочленами, удовлетворяют следующим правилам:

- сложение многочленов осуществляется суммированием коэффициентов при соответствующих степенях x по модулю 2;
- умножение многочлена на x^i осуществляется сдвигом всех его коэффициентов на i разрядов влево;
- операции обладают свойствами ассоциативности и коммутативности.

Получим итеративную формулу, позволяющую вычислить остаток $r_{i+1}(x)$ для последовательности, состоящей из $i+1$ байт. Считаем, что вся передаваемая последовательность состоит из целого числа байт и $\varphi_i(x)$ – многочлен, соответствующий i -ому байту.

При делении $b_i(x)x^{n-k}$ на генераторный полином $g(x)$ получается частное $g_i(x)$ и остаток $r_i(x)$

$$b_i(x)x^{n-k} = g(x) \cdot g_i(x) + r_i(x).$$

В вычислительных сетях предписывается использовать полином 16-ой степени, поэтому в дальнейших выкладках будем считать $n-k=16$, т.е. остаток является двухбайтовым и его можно представить как сумму двух многочленов – многочлена $s_i(x)x^8$, соответствующего старшему байту, и многочлена $m_i(x)$, соответствующего младшему байту. Поэтому можем записать

$$b_i(x)x^{16} = g(x)g_i(x) + s_i(x)x^8 + m_i(x), \quad (1)$$

$$b_{i+1}(x)x^{16} = g(x)g_{i+1}(x) + s_{i+1}(x)x^8 + m_{i+1}(x). \quad (2)$$

Определим $s_{i+1}(x)$ и $m_{i+1}(x)$, зная $s_i(x)$ и $m_i(x)$

$$b_{i+1}(x)x^{16} = [b_i(x)x^8 + \varphi_{i+1}(x)]x^8 = g(x)g_i(x)x^8 + [s_i(x) + \varphi_{i+1}(x)]x^{16} + m_i(x)x^8. \quad (3)$$

Обозначим $s_i(x) + \varphi_{i+1}(x) = \varphi'_{i+1}(x)$, тогда аналогично равенствам (1) и (2), можем записать

$$\varphi'_{i+1}(x)x^{16} = g(x)g'_{i+1}(x) + s'_{i+1}(x)x^8 + m'_{i+1}(x). \quad (4)$$

Подставив это выражение в (3), получим

$$b_{i+1}(x)x^{16} = g(x)[g_i(x)x^8 + g'_{i+1}(x)] + [s'_{i+1}(x) + m_i(x)]x^8 + m'_{i+1}(x).$$

Сравнивая последнее соотношение с (2), мы можем записать равенства

$$\begin{aligned} s_{i+1}(x) &= s'_{i+1}(x) + m_i(x), \\ m_{i+1}(x) &= m'_{i+1}(x). \end{aligned} \quad (5)$$

Итак, если в памяти ЭВМ иметь таблицу, состоящую из 256 двухбайтовых строк, т.е. содержащую все возможные остатки от деления многочлена $b(x)x^{16}$ на генераторный полином $g(x)$, то в соответствии с равенствами (5) можно найти $r_{i+1}(x)$, если известно $r_i(x)$. Процедура вычисления остатка данным методом показана на рис.1. Вычисление остатка данным методом на ЭВМ СМ-4 потребует 7 оп/байт.

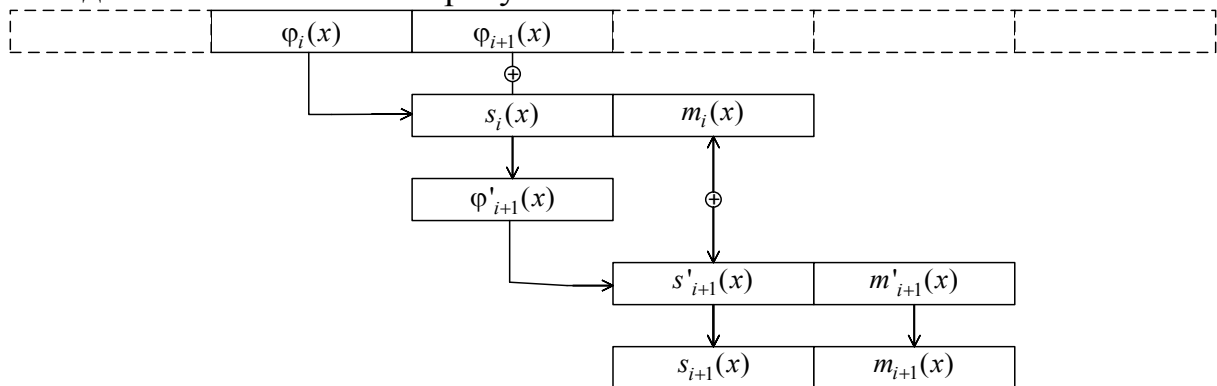


Рис.1.Схема вычисления остатка 1-ым методом

$s_i(x)$, $s_{i+1}(x)$, $m_i(x)$, $m_{i+1}(x)$ – многочлены, соответствующие старшим и младшим байтам остатков соответственно.

$\varphi'_{i+1}(x)$ – «промежуточный» байт.

$s'_{i+1}(x)$, $m'_{i+1}(x)$ – старший и младший байты остатка, соответствующего «промежуточному» байту.

Можно предложить другой, модифицированный метод, требующий меньший объем оперативной памяти, чем предыдущий, но несколько уступающий ему по быстродействию. Метод заключается в том, что остатки, соответствующие «промежуточному» байту $\varphi'_{i+1}(x)$, могут быть получены иначе – с использованием двух таблиц по 16 двухбайтовых остатков. Одна из этих таблиц содержит остатки, соответствующие 4-м старшим битам «промежуточного» байта, другая таблица содержит остатки, соответствующие 4-м младшим битам.

Список литературы

[1] Горбунов А.К., Лысенко А.Л., Горбунов Е.А. Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратической ошибке воспроизведения. В сборнике: Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы. Москва 2004. С. 20-21

[2] Горбунов А.К., Лысенко А.Л., Горбунов Е.А. Вычисление энтропии с экстраполяцией гауссовского сообщения. В сборнике: Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы. Москва 2004. С. 24-32

[3] Горбунов А.К., Чистяков Г.А., Пчелинцева Н.И., Никифоров Д.К. Получение и использование наноструктур и нанопокровов в атомарных и молекулярных газовых лазерах. Научно-технические технологии. 2014. Т. 15 № 10. С. 54-59

[4] Горбунов А.К. Эпсилон энтропия с задержкой при малой средне-квадратичной оценке воспроизведения. Труды МГТУ сборник статей. Сер. «Труды МГТУ/ Московский гос. Технический университет им. Н.Э. Баумана» ред. кол.: А.В. Царьков (гл. ред.) и др. Москва, 2012. С. 35-37

[5] Лысенко А.Л., Горбунов Е.А., Горбунов А.К. Энтропия и скорость создания сообщений без предвосхищения и с прогнозом. В сборнике: Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы. Москва 2004. С. 18-19

Ельцов Андрей Станиславович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: andrei.eltzov@gmail.com

Зорина Полина Алексеевна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: zorina_p_a@mail.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

К.А. Зубенко, П.А. Зорина, А.К. Горбунов

СВОЙСТВА Q-ИЧНЫХ КОДОВ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Рассмотрим q -ичный линейный код (q – любое целое число, более 1) с порождающей матрицей

$$G = [I | C]$$

где I – единичная матрица размера $K \times K$, C – циркулянтная матрица ($K \times K$), полученная циклическим сдвигом первой строки влево. Строка циркулянта состоит из нулей и единиц, причём номера ненулевых позиций образуют плоское совершенное разностное множество по модулю K . Все операции с символами кодовых слов производятся как с обычными целыми числами по модулю q . Очевидно, рассматриваемые коды являются подклассом би-ноидных кодов. Легко показать, что

$$d = 1 + W(c)$$

где d – минимальное расстояние кода, $W(c)$ – вес Хэмминга строки циркулянта. Далее рассматриваются только такие коды, для которых

$$(d - 2, q) = 1$$

Слова кода представимы в виде $|a, b|$, где a – информационная часть, b – проверочная часть.

Лемма. Если $|a, b|$ – кодовое слово, то $|b, (d - 2) \cdot a + z \cdot \sum_{i=1}^k a_i|$ – кодовое слово, где z – единичный вектор.

Теорема I. Первые элементы весового спектра имеют вид:

$$\begin{aligned} A_0 &= 1; A_1 = A_2 = \dots = A_{d-1} = 0 \\ A_d &= (q - 1) \cdot k; A_{d+1} = A_{d+2} = \dots = A_{2d-3} = 0 \\ A_{2d-2} &= 2 \cdot (q - 1) \binom{k}{2} + N(d, q) \end{aligned}$$

где $N(d, q) = \begin{cases} 0, & \text{если } q \text{ – нечётное,} \\ (d - 2)^5 - (d - 2)^2, & \text{если } q \text{ – чётное.} \end{cases}$

Подкод из слов, у которых сумма информационных символов сравнима с 0 по модулю q , имеет минимальное расстояние $2d - 2$.

Назовём базовым декодером следующую последовательность операций.

Для каждого информационного символа вычисляется число неудовлетворённых проверок. Определяется, насколько уменьшится это число, если значение информационного символа заменить на какое-либо другое. Эта характеристика вычисляется для всех информационных символов. Затем выбирается информационный символ, для которого достигается максимальное уменьшение числа неудовлетворённых проверок. Если это уменьшение равно 0 или 1, то декодирование заканчивается. В противном случае в данной информационной позиции производится замена имеюще-

гося символа на новый, обеспечивающий это максимальное уменьшение. Затем для скорректированного слова эта процедура повторяется и так делается не более L раз.

Пусть $|\varepsilon_1, \varepsilon_2|$ - предполагаемый вектор ошибок, полученный после последнего выполнения процедуры. Если сумма элементов вектора $|a + e_1 - \varepsilon_1|$ не сравнима с 0 по модулю q , то в качестве вектора ошибок берётся сумма $|\varepsilon_1, \varepsilon_2|$ и скалярного кратного одной из строк матрицы G . Скалярное кратное выбирается таким, чтобы удовлетворилась проверка на сумму информационных символов, а номер строки из G выбирается из условия минимизации веса результирующего вектора ошибок. На этом работа базового декодера заканчивается.

На основе базового декодера следующим образом строится составной декодер.

Пусть из канала принято зашумлённое кодовое слово $|a + e_1, b + e_2|$ с вектором ошибок $|e_1, e_2|$.

I. Принятую последовательность декодируем базовым декодером. Получаем $|\varepsilon_1^{(1)}, \varepsilon_2^{(2)}|$ предполагаемый вектор ошибок.

II. Формируем вектор

$$|b + e_2, (d - 2) \cdot (a + e_1)| = |a' + e_2, b + (d - 2)e_1|$$

Декодируем базовым декодером. Получаем $|\varepsilon_2^{(2)}, (d - 2)\varepsilon_1^{(2)}|$ и, следовательно, $|\varepsilon_1^{(2)}, \varepsilon_2^{(2)}|$ - второй предполагаемый вектор ошибок.

III. Выбираем из двух векторов ошибок тот вектор, который имеет меньший вес.

Теорема II. Составной алгоритм позволяет декодировать подкод, описанный в теореме I, с исправлением любого вектора ошибок веса не более чем $d - 2$, если L - параметр базового декодера равен $d-2$.

Увеличение L свыше $d - 2$ даёт весьма заметный эффект, тем больший, чем больше q . (Рассматривались каналы, для которых все ошибки одинакового веса равновероятны).

Было проведено моделирование работы составного декодера на основе упрощённого порогового варианта базового декодера. Упрощённый вариант заключается в следующем. Для информационного символа вычислялась величина возможного уменьшения числа неудовлетворённых проверок и сравнивалась с порогом. Если порог превышался, то производилось исправление данного символа. Так делалось последовательно для всех информационных символов. Затем начинался новый просмотр всех информационных символов, но уже с другим порогом. Всего делалось $\lfloor \frac{d-1}{2} \rfloor$ просмотров. Пороги менялись от $d - 1,5$ до $1,5$ через 2 (для чётных d последние два порога $-2,5; 1,5$). Далее, аналогично исходному базовому декодеру, проводилась (если требовалась) коррекция полученного вектора ошибок. Моделирование показало высокую эффективность пороговой модифика-

ции составного декодера. Не было найдено ни одного недекодируемого вектора ошибок веса $d - 2$. С ростом q эффективность декодера увеличилась. Например, моделирование декодера подкода длины 62 ($d = 7$) показало, что при $q = 2$ не декодируется около половины векторов ошибок веса 7, в то время как при $q = 31$ доля недекодируемых ошибок веса 9 лежит около 10^{-3} , веса 10 – около 10^{-2} , веса 11 – около $8,5 \cdot 10^{-2}$.

Литература

[1] *Лысенко Л.В., Горбунов А.К., Коржавый А.П., Шаталов В.К., Лысенко А.Л.* Некоторые подходы к разработке энергосберегающих технологий, основанных на транспортных формах переноса момента импульса. Научноёмкие технологии Т. 14, 2013, № 7, с. 20-25.

[2] *Лысенко А.Л., Горбунов А.К., Грачев В.В., Буланов А.В.* Физико-химические процессы в технологии вакуумирования при сжигании порошка титана в среде азота. Научноёмкие технологии Т. 9, 2008, № 10, с. 25-31.

[3] *Горбунов А.К.* Эпсилон-энтропия с прогнозом. Проблемы передачи информации, 2009, № 45, с. 12.

[4] *Горбунов А.К., Пинскер М.С.* Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратичной ошибке воспроизведения. Проблемы передачи информации Т. 23, 1987, № 2, с. 3-8.

[5] *Горбунов А.К.* Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратичной оценке воспроизведения. Труды МГТУ им. Н.Э. Баумана. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010, с. 35-37.

Зубенко Ксения Андреевна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: just.anra@gmail.ru

Зорина Полина Алексеевна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: zorina_p_a@mail.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

М.М. Петрухин, А.К. Горбунов

СЕТИ СВЯЗИ УПРАВЛЯЮЩЕЙ МАШИНЫ С ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБЪЕКТОМ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

При проектировании автоматизированных систем управления технологическими процессами территориальное удаление датчиков и исполнительных механизмов от цифровой вычислительной машины выдвигает ряд задач теоретического и инженерного характера, одной из которых является оптимизация сетей связи, объединяющих ЦВМ, средства сбора и первичной обработки информации, передачи управляющих воздействий, а также источники исходных и потребители командных сигналов.

Если объект управления расположен на обширной производственной площади, а количество датчиков и приемников информации (исполнительные органы, устройства индикации и сигнализации) значительно, то при централизованном построении АСУ ТП стоимость кабельных соединений может быть соизмеримой со стоимостью основного оборудования системы или даже превысить ее. Кроме того, нужно учитывать трудности прокладки большого числа кабелей по производственной территории. В связи с этим в настоящее время переходят к децентрализованному локально – распределенному управлению технологическими процессами и возникает необходимость разработки структуры АСУ ТП с учетом топологии размещения ее отдельных звеньев по территории цеха с целью совершенствования процесса сбора и первичной обработки измерительной информации, минимизации линий связи технологического оборудования с управляющей цифрой вычислительной машиной.

В данном докладе рассматриваются вопросы построения сетей связи ЦВМ с источниками (ИИ) и потребителями информации (ПИ) в АСУ ТП, оптимизация этих сетей по критерию минимума кабельных соединений системы, предлагается разработанная на этой основе инженерная методика расчета вариантов структуры АСУ ТП.

Обобщенную информационную структуру локально – распределенной АСУ ТП можно представить в виде совокупности двух типов линий связи; неуплотненных, соединяющих источники и приемники информации с отдельными локальными подсистемами (ЛПС), и уплотненных, которые в дальнейшем будем называть каналами связи, объединяющие отдельные ЛПС с центральным управляющим вычислительным комплексом (УВК).

Общая протяженность линий связи системы может быть найдена из выражения:

$$L = \sum_{j=1}^k q_j \cdot l_{\sum j}^i + L_{\min} \cdot \omega. \quad (1)$$

где q_j - количество ЛПС на j -ом участке производственной территории; $l_{\sum j}^i$ - общая длина i -ых линий связи ИИ и ПИ, обслуживаемых отдельной j -ой ЛПС; L_{\min} - длина магистрали, соединяющей все ЛПС с центральным УВК.

Целесообразно рассматривать процедуры оценки длины линий и каналов связи, определяемые первым и вторым членами формулы (1), отдельно.

Оптимизация размещения локальных подсистем на территории цеха основана на анализе суммарной длины линий связи, относящихся к отдельным локальным подсистемам, и минимизации её в зависимости от ряда факторов:

- плотности распределения ИИ и ПИ по производственной территории;
- общего количества участков в цехе, обслуживаемых определенными локальными подсистемами;
- места расположения ЛПС в пределах обслуживаемой производственной площади;
- геометрической формы участка цеха;
- способа трассировки линий связи по территории цеха.

Для построения оптимальной сети связи, соединяющей общим каналом центральный УВК и ряд удаленных ЛПС, предлагается два подхода. Первый основан на том, что исходная модель информационной структуры АСУ ТП представляется в виде полносвязного неориентированного графа G . Тогда синтез информационной структуры с минимальными линейными размерами сети связи сводится к определению на исходной модели частичного графа с минимальным числом ребер, равным $m = q - 1$, где q - общее число ЛПС рассматриваемой сети. Этому графу может быть поставлен в соответствие путь μ_k , представляющей собой сумму длин участвующих в образовании пути ребер $L_{\mu k} = \sum_1^m l_{ij}$, где l_{ij} - расстояние между i и j ЛПС, и характеризуемый свойствами, вытекающими из особенностей ЛСУ ТП: однократным входением в граф вершин и ребер (т.е. отсутствием на искомом графе циклов и петель), последовательным перебором вершин в той или иной последовательности, и обладающий наименьшей длиной $L_{\mu k} = L_{\min}$.

Список литературы

[1] Горбунов А.К., Хворостов В.И., Хворостова Н.Н., Силаева Н.А. Физико – технологические особенности применения имитирующих структур в газоразрядных лазерных датчиках // Научноёмкие технологии. – 2012. – Т.13., №10. – С.34-39.

[2] Лысенко Л.В., Горбунов А.К., Шаталов В.К., Лысенко А.Л., Овчаренко И.Н. Энерго – технологическая интерпретация основного закона динамики // Научноёмкие технологии. – 2014. – Т. 15., № 08. – С. 55-58.

[3] Горбунов А.К., Коржавый А.П., Лысенко Л.В., Лысенко А.Л., Шаталов В.К. Элементы теоретических основ природоподобных процессов // Научноёмкие технологии. – 2015. – Т. 16., № 06. – С. 52-57.

[4] Горбунов А.К., Пинксер М.С. Эпсилон – энтропия с задержкой гауссовского зашумленного сообщения // Проблемы передачи информации. – 1988. – Т. 24., № 3. – С. 18-23.

[5] Горбунов А.К. Эпсилон – энтропия с задержкой при малой среднеквадратичной оценке воспроизведения // Труды МГТУ, сборник статей. Сер. «Труды МГУ / Московский гос. Технический университет им Н.Э. Баумана» ред. кол.: А.В. Царьков (гл. ред.) и др. – М.: 2010. – С. 35 – 37.

Петрухин Максим Михайлович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: max200915@yandex.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

И.Д. Селиванов, А.К. Горбунов

СЖАТИЕ ДАННЫХ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Существующие способы контроля достоверности передаваемой информации между различными устройствами ЭВМ, а также способы исправления ошибок требуют введения некоторой избыточности. Здесь избыточность играет положительную роль.

С другой стороны, сообщения, передаваемые по информационным каналам, могут быть малоинформативными и содержать избыточные не существенные сведения, на хранение, кодирование и передачу которых затрачиваются дорогостоящие ресурсы ЭВМ. Избыточность в кодах сообщений может быть устранена с помощью сжатия информации.

В данной работе рассматривается аналитическая вероятностная модель автоматного метода сжатия, использующего статистику исходной информации.

Способ состоит в преобразовании исходного алфавита $C = \{c_i\}$ в алфавит кода $D = \{d_i\}$, длина каждого слова которого равна длине первоначального слова алфавита C . Преобразование выполняется следующим образом. В заданном массиве информации $M = \{m_j\}$ определяется вероятностная модель распределения источника алфавита. Символы источника делятся на две группы – A и B . Для символов группы A используется кодирование, в котором старший разряд каждого символа имеет значение, равное 0 ($MSB=0$). Соответственно в группе B $MSB=1$. Преобразованные символы кода поступают в автомат, работа которого описывается графом (рис.1). В каждом состоянии кодер предполагает тип символов. В состоянии N кодер пропускает символы множества $A = \{a_i\}$ и $B = \{b_i\}$ с равной вероятностью без всяких изменений. Отображенные символы в состоянии $A(B)$ пропускаются без изменений, если $a_i \in A(b_i \in B)$, все они имеют $MSB=0$ ($MSB=1$). Если символ повторяется, то MSB инвертируется и символ не пропускается. При длине цепочки больше двух организуется счетчик с инверсией MSB .

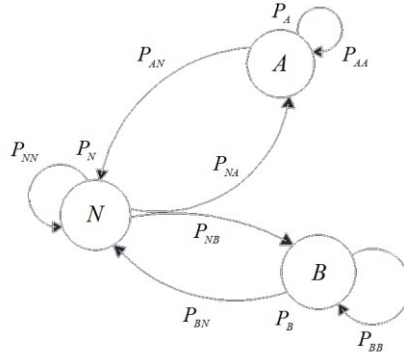


Рис.1. Вероятностно-топологическая модель автомата кодера

Рис 1. Вероятностно-топологическая модель автомата кодера

Эффективность метода можно оценить через $\gamma_{сж} = N_{исх} / N_{сж}$, где $N_{исх}, N_{сж}$ - количество бит, необходимое для описания исходного и сжатого массивов. Для конкретного массива можно рассчитать значение $\gamma_{сж}$:

$$\gamma_{сж} = T_{исх} \cdot n / T_{сж} \cdot n = T_{исх} / T_{сж},$$

где n - разрядность кодов символов; $T_{исх}, T_{сж}$ - количество символов в исходном и сжатом массивах.

Определим среднее значение коэффициента сжатия:

$$\gamma_{сж.ср} = T_{исх} / M[T_{сж}], \quad (1)$$

где $M[T_{сж}]$ - математическое ожидание количества символов в сжатом массиве. Величину $M[T_{сж}]$ найдем, исходя из вероятностно-топологической модели кодера (рис.1):

$$M[T_{сж}] = P_N \cdot M_N[T_{сж}] + P_A \cdot M_A[T_{сж}] + P_B \cdot M_B[T_{сж}] + P_A \cdot P_{AN} T_{исх} + P_B \cdot P_{BN} T_{исх}, \quad (2)$$

где $M_N[T_{сж}], M_A[T_{сж}], M_B[T_{сж}]$ - математическое ожидание количества слов на выходе кодера в состояниях N, A, B . Величина $M_N[T_{сж}] = T_{исх}$, поскольку в состоянии N сжатие не производится. Величины $M_A[T_{сж}]$ и $M_B[T_{сж}]$ можно получить из выражения:

$$M_{A(B)}[T_{сж}] = \begin{cases} T_{исх}, & \text{если } R_{срA(B)}=1 \\ T_{исх}/R_{срA(B)}, & \text{если } 1 < R_{срA(B)} \leq 2 \\ 2T_{исх}/R_{срA(B)}, & \text{если } 2 < R_{срA(B)} \leq 2^{n-1}-1 \\ lT_{исх}/R_{срA(B)}, & \text{если } (l-2)(2^{n-1}-1) < R_{срA(B)} \leq (l-1)(2^{n-1}-1) \end{cases} \quad (3)$$

где $R_{ср}$ - среднее значение длин цепей повторяющихся символов, принадлежащих множествам A и B ; $l = 3, 4, 5, 6, \dots$

Найдем выражения для определения P_N, P_A, P_B . Процесс смены состояния автомата рассматриваемого кодера под воздействием входной последовательности слов соответствует эргодической марковской цепи. Для за-

дания случайного процесса в виде марковской цепи достаточно знать матрицу переходных процессов $\Pi = (p_{ij})$. Для рассматриваемого случая матрица переходных вероятностей имеет вид:

$$\Pi = \begin{matrix} & \begin{matrix} N & A & B \end{matrix} \\ \begin{matrix} N \\ A \\ B \end{matrix} & \begin{pmatrix} P_{NN} & P_{NA} & P_{NB} \\ P_{AN} & P_{AA} & 0 \\ P_{BN} & 0 & P_{BB} \end{pmatrix} \end{matrix} \quad (4)$$

Определим элементы матрицы Π . Из состояния N в состояние $A(B)$ автомат переходит, если на вход кодера поступило K (константа инерции) символов из множества $A(B)$. Поэтому:

$$P_{NA} = \left(\sum_{i=1}^{\lfloor \frac{M}{2} \rfloor} P_i \right)^K, \quad (5)$$

$$P_{NB} = \left(\sum_{i=\lfloor \frac{M}{2} \rfloor + 1}^M P_i \right)^K, \quad (6)$$

где $M = A \cup B$ - мощность множества исходного массива. Тогда на основании $P_{NN} + P_{NA} + P_{NB} = 1$ для P_{NN} имеем:

$$P_{NN} = 1 - \left(\left(\sum_{i=1}^{\lfloor \frac{M}{2} \rfloor} P_i \right)^K + \left(\sum_{i=\lfloor \frac{M}{2} \rfloor + 1}^M P_i \right)^K \right)$$

Из состояния A кодер может перейти либо в состояние N , либо опять в A . Поскольку из A в N кодер переходит при поступлении на его вход любого элемента из множества B , то

$$P_{AN} = \sum_{i=\lfloor \frac{M}{2} \rfloor + 1}^M P_i$$

Вероятность перехода кодера из состояния A в состояние A равна

$$P_{AA} = 1 - P_{AN} = \sum_{i=1}^{\lfloor \frac{M}{2} \rfloor} P_i$$

Принцип работы кодера в состоянии B аналогичен состоянию A .

Вектор начальных вероятностей $\vec{P} = (1, 0, 0)$, так как N - исходное состояние кодера. В соответствии с теорией марковских цепей можно записать уравнение:

$$\bar{P}D = 0 \quad (7)$$

С учетом нормирующего условия $\sum_{i=1}^z P_i = 1$ система уравнений (7) имеет единственное решение:

$$P_i = D_i / \sum_{i=1}^z D_i, \quad (8)$$

где D_i - главный минор определителя матрицы D . Матричное уравнение, соответствующее рассматриваемому кодеру, имеет вид:

$$(P_N, P_A, P_B) \cdot \begin{pmatrix} 1 - P_{NN} & -P_{NA} & -P_{NB} \\ -P_{AN} & 1 - P_{AA} & 0 \\ -P_{BN} & 0 & 1 - P_{BB} \end{pmatrix} = (000)$$

На основании (8) имеем:

$$P_N = D_1 / (D_1 + D_2 + D_3), P_A = D_2 / (D_1 + D_2 + D_3),$$

$$P_B = D_3 / (D_1 + D_2 + D_3), \text{ где } D_1 = (1 - P_{AA})(1 - P_{BB}),$$

$$D_2 = (1 - P_{NN})(1 - P_{BB}) - (P_{BN} \cdot P_{NB}), D_3 = (1 - P_{NN})(1 - P_{AA}) - (P_{AN} \cdot P_{NA})$$

Обозначив вероятности появления символов из множества A через x , а из множества B через $(1-x)$, получим:

$$P_{AA} = x, P_{AN} = (1-x), P_{BN} = x, P_{BB} = (1-x), \\ P_{NA} = x^K, P_{NB} = (1-x)^K, P_{NN} = 1 - x^K - (1-x)^K$$

Тогда

$$D_1 = (1-x)x, D_2 = (x^K + (1-x)^K)x - x(1-x)^K = x^{K+1},$$

$$D_3 = (x^K + (1-x)^K)(1-x) - (1-x)x^K = (1-x)^{K+1}$$

Таким образом, величины P_N, P_A, P_B можно представить как функции одной переменной

$$P_N(x) = x(1-x) / (x^{K+1} + (1-x)^{K+1} + x(1-x)),$$

$$P_A(x) = x^{K+1} / (x^{K+1} + (1-x)^{K+1} + x(1-x)),$$

$$P_B(x) = (1-x)^{K+1} / (x^{K+1} + (1-x)^{K+1} + x(1-x)).$$

Эффективность преобразователя зависит от разбиения символов на группы. Если, например, в одну группу собраны символы с наибольшей вероятностью поступления, то число переключений автомата сокращается и эффективность преобразователя возрастает.

Для конкретного текста собирается статистика и выполняется приближенное оценивание с использованием рассмотренного вероятностного моделирования. Если сокращение не убедительное, то выполняется более точное моделирование работы автомата, представленного на рис. 1.

Комплекс программ оценивания содержит также модели кодирования по Хаффману и методу совмещенных последовательностей.

Литература

[1] Горбунов А.К., Хворостов В.И., Хворостова Н.Н., Силаева Н.А. Физико – технологические особенности применения имитирующих структур в газоразрядных лазерных датчиках // Научноёмкие технологии. – 2012. – Т. 13, № 10. – С.34-39.

[2] Лысенко Л.В., Горбунов А.К., Шаталов В.К., Лысенко А.Л., Овчаренко И.Н. Энерго – технологическая интерпретация основного закона динамики // Научноёмкие технологии. – 2014. – Т. 15, № 08. – С. 55-58.

[3] Горбунов А.К., Коржавый А.П., Лысенко Л.В., Лысенко А.Л., Шаталов В.К. Элементы теоретических основ природоподобных процессов // Научноёмкие технологии. – 2015. – Т. 16, № 06. – С. 52-57.

[4] Горбунов А.К., Пинксер М.С. Эпсилон – энтропия с задержкой гауссовского зашумленного сообщения // Проблемы передачи информации. – 1988. – Т. 24, № 3. – С. 18-23.

[5] Горбунов А.К. Эпсилон – энтропия с задержкой при малой среднеквадратичной оценке воспроизведения // Труды МГТУ, сборник статей. Сер. «Труды МТУ / Московский гос. Технический университет им Н.Э. Баумана» ред. кол.: А.В. Царьков (гл. ред.) и др. – М.: 2010. – С. 35 – 37.

Селиванов Иван Дмитриевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ivanseli1234@yandex.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

В.А. Келлер, И.В. Размахов, А.К. Горбунов

СЖАТИЕ ДАННЫХ КАК ПРОБЛЕМА БАЙЕСОВСКОГО ОЦЕНИВАНИЯ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Имеются два основных подхода к проблеме сжатия наблюдаемых данных: теоретико-информационный, основанный на теоремах кодирования источников, и статистический, использующий понятие статистики, т.е. функции от выборки. Первый чаще применяется к дискретным схемам, второй к непрерывным. В настоящей работе мы хотим использовать понятие статистики в схеме сжатия дискретных данных и показать, что шенновский подход является удобным инструментом для изучения свойств достаточных статистик, нахождения границ риска и решения других вопросов теории оценивания.

Пусть $U = \{u\}$ и $X = \{x\}$ конечного множества, $UX \in u * x$ пара случайных величин (с.в.) с распределением вероятностей (р.в.) $\{P_U(u)P_{X|U}(x|u)\}$ и $U^N X^N = (U_1 X_1, \dots, U_N X_N) \in u^N * x^N$ последовательность независимых копий пары UX , где $N = 1, 2, \dots$. Для каждого N определим отображение $t_N : x^N \rightarrow \overline{1, J_N}$ где $J_N \geq 1$ некоторое целое, и пусть $t_N(x^N)$ образ элемента $x^N \in X^N$. Рассмотрим цепь Маркова

$$U^N X^N t_N(X^N) \quad (1)$$

Ее компоненты (читая слева направо) будем называть параметром, выборкой и статистикой, а саму тройку (1) байесовской схемой сжатия. Число J_N назовем мощностью статистики, а число

$$R_N \square \quad \quad \quad J_N \quad (2)$$

скоростью статистики в битах. Статистику t_N назовем достаточной, если и только если тройка

$$U^N t_N(X^N) X^N \quad (3)$$

Образует цепь Маркова (ц.М.). Т.о. знание достаточной статистики делает ненужным знание выборки, т.к. параметр в этом случае условно не зависит от выборки. Цель сжатия состоит в том, чтобы построить достаточную статистику с наименьшей мощностью. Статистику $t_N : x^N \rightarrow \overline{1, J_N}$ назовем минимально достаточной, если для всякой другой достаточной статистики $t'_N : x^N \rightarrow \overline{1, J'_N}$

$$J'_N \geq J_N$$

Для рассматриваемой здесь блочной схемы без памяти верна
Теорема I. Пусть для заданной пары UX

$$[P_{U|X}(u|x)] \quad (4)$$

есть матрица переходов из x в u . Тогда мощность минимально достаточной статистики в схеме (I) при любом $N \geq 1$ равна

$$R_{M.g.} \square \quad \mathcal{J}_N = \log_2 \mathcal{J}, \quad (5)$$

где \mathcal{J} число различных строк матрицы (4).

Доказательство легко следует из определения достаточности (3) и свойств кронекеровой степени матрицы (4)

$$[P_{U|X}(u|x)]^{[N]} \square \quad \mathcal{J}_N^N = \log_2 \mathcal{J}^N, \quad (6)$$

согласно которому число одинаковых строк матрицы (4) также возводится в степень N .

Более полезным оказывается понятие асимптотической достаточности. Чтобы ввести его, заметим, что

$$U^N t_N(X^N) X^N - \text{ц.М.} \Leftrightarrow I(U^N; X^N | t_N(X^N)) = 0,$$

И будем пользоваться правым равенством как количественным критерием условной независимости. Далее, будем рассматривать последовательность байесовских схем (I) для $N = 1, 2, \dots$. Соответствующую последовательность статистик $t_N, N = 1, 2, \dots$ будем называть асимптотически достаточной, если

$$\liminf_{N \rightarrow \infty} N^{-1} I(U^N; X^N | t_N(X^N)) = 0, \quad (7)$$

где $I(\cdot; \cdot | \cdot)$ условная взаимная информация. Преимущество асимптотически достаточной статистики перед достаточной в том, что неся почти столько же информации о параметре, что и достаточная статистика, она часто имеет существенно более низкую скорость, чем (5). Чтобы оценить этот выигрыш в скоростях, рассмотрим следующую теоретико-информационную задачу.

Для заданной пары UX назовем точку (пару чисел) (R, ε) конечно-достижимой, если существует N, \mathcal{J}_N и t_N такие, что

$$\begin{aligned} N^{-1} \log_2 \mathcal{J}_N &\leq R \\ N^{-1} I(U^N; X^N | t_N(X^N)) &\leq \varepsilon. \end{aligned} \quad (8)$$

Точка (R, ε) называется достижимой, если она есть предел последовательности конечно-достижимых точек. Пусть C область всех достижимых точек. Это замкнутая (по определению) и, как не трудно показать, выпуклая область. Задача состоит в том, чтобы найти ее границу $\varepsilon(R)$. Зная $\varepsilon(R)$ мы сможем найти минимальную скорость, при которой существуют асимптотически достаточные статистики, т.е. величину

$$R_{M.a.g.} \square \quad \{R, \varepsilon(R) = 0\}$$

Теорема 2. Для заданной пары UX достижимая область C ограничена кривой

$$\varepsilon(R) \square \quad - \max I(U; T), \quad (9)$$

T :

- 1) UXT – ц.М.
- 2) $H(T) \leq R$

где $H(T)$ энтропия р.в. T и $R \geq 0$.

Доказательство сводится к нахождению нижней и верхней границ для величины $N^{-1}I(U^N; X^N | t_N(X^N))$ при условии, что $J_N \leq 2^{NR}$. Для этого используется обычная техника доказательства обратной и прямой теоремы кодирования для источников; роль критерия точности при этом играет количество условной информации между параметром и выборкой при условии, что известна статистика.

Литература

[1] Горбунов А.К., Лысенко А.Л., Горбунов Е.А. Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратической ошибке воспроизведения. Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы. Сб. ст. Москва, 2004, с. 18-21.

[2] Горбунов А.К., Лысенко А.Л., Горбунов Е.А. Вычисление энтропии с экстраполяцией гауссовского сообщения. Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы. Сб. ст. Москва, 2004, с. 30-32.

[3] Лысенко А.Л., Горбунов Е.А., Горбунов А.К. Энтропия и скорость создания сообщений без предвосхищения и с прогнозом. Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы. Сб. ст. Москва, 2004, с. 17-19.

[4] Горбунов А.К., Чистяков Г.А., Пчелинцева Н.И., Никифоров Д.К. Получение и использование наноструктур и нанопокровов в атомарных и молекулярных газовых лазерах. Научные технологии. 2014, т. 15, № 10, с. 54-59.

[5] Горбунов А.К. Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратичной оценке воспроизведения. Труды МГТУ сборник статей Сер. «Труды МТУ/Московский гос. Технический университет им. Н.Э. Баумана», ред. кол.: А.В. Царьков (гл. ред.) и др. Москва, 2010. С. 35-37.

Келлер Вероника Александровна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: hbrs2016@bk.ru

Размахов Илья Вадимович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: il.razmahow@yandex.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

Н.В. Роденкова, Г.Э. Амеличев, А.К. Горбунов

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСОВ СВЯЗИ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Процесс функционирования системы управления комплексов связи состоит в выполнении задачи по обмену информацией между абонентами в соответствии с определенным алгоритмом работы, воздействием на объекты управления для обеспечения вхождения, ведения и окончания связи.

Для оценки управляющей системы в целом может быть использован так называемый критерий функциональной эффективности

$$F = \frac{P}{C},$$

где P -требуемая вероятность выполнения задачи в заданных условиях функционирования системы;

C -обобщенные затраты, т. е. совокупность ограничивающих факторов, используемых при разработке системы.

Вероятность выполнения системой задачи определяется произведением вероятностей:

- того, что в процессе выполнения задачи искажения сигналов не выйдут за допустимые пределы при условии надежной работы аппаратуры и правильного выполнения алгоритма;
- надежной работы аппаратных средств, определяемой как параметрами используемой элементной базы, так и организацией структуры системы управления;
- надежной работы средств программного обеспечения (ПО) при условии надежной работы аппаратуры, т. е. устойчивости программ к возможным ошибкам в период эксплуатации в условиях реального масштаба времени.

Для повышения эффективного функционирования комплексов связи используется информационная, структурная и программная избыточность.

Информационная избыточность применяется для повышения достоверности передачи информации по каналам связи. При этом система управления правильного декодирования (помехоустойчивости) $P(\Pi/H)$ информации, получаемой по каналам связи, определяется известным методом.

Наибольший выигрыш по сравнению с общим резервированием при уменьшении эксплуатационных затрат можно достичь при построении так называемой распределенной структуры системы управления.

В такой структуре вероятность выполнения системой задачи определяется через произведение вероятностей выполнения ряда подзадач, распределенных по своим подсистемам управления, т.е.

$$P = \prod_{i=1}^l P(\Pi/H)_i \cdot P(H)_i \cdot P(ПО/H)_i,$$

где l – количество подсистем управления.

Следовательно, имеется реальная возможность провести высокую унификацию аппаратных и программных вычислительных средств и таким

образом существенно сократятся общие затраты на проектирование и производство системы управления.

При этом аппаратные средства целесообразно делать универсальными, но программно ориентируемыми на выполнение конкретной подзадачи (распределение вычислительных средств по функциональному признаку), а также типовые аппаратные средства назначать на выполнения одной и той же подзадачи для обеспечения требований по производительности (распределение вычислительных средств по нагрузке).

Однако оценить надежность функционирования такой системы с использованием резервирования на уровне подсистемы значительно сложнее, т. к. неисправность некоторого числа блоков, узлов, связей не будет влиять на отказ системы управления в целом.

Варьируя различными видами введения избыточности, всегда имеется возможность составить блок-схему исправных состояний или качества функционирования системы и произвести ее оценку с целью получения наилучшей структуры резервирования.

Не менее важной проблемой достижения требуемой функциональной эффективности системы комплексов связи является обеспечение высокой надежности работы программных средств управления. ПО в отличие от аппаратуры не подвержено износу. Надежность ПО полностью определяется ошибками его некорректной разработки, выявляется при использовании программ в условиях внешней среды и среды ее функционирования.

Ошибки ПО возникают в результате выявления некоторой уникальной (не предусмотренной разработчиком) последовательности входных данных, которая и приводит выполнение программы к неверному выходному результату.

Для уменьшения сложности, снижения трудоемкости, распараллеливания разработки и сокращения эксплуатационных затрат при введении некоторой избыточности в программу применяется структурное программирование, т. е. модульное проектирование ПО.

Следует иметь в виду, что подход к проектированию, по которому все программные модули (ПМ) будут отлажены без учета возможного неправильного функционирования с другими, связанными с ними модулями, будет менее надежен, чем подход к разработке, учитывающей наиболее вероятные ошибки при взаимодействии модулей. Наибольшую нагрузку в этом отношении несут именно те модули, которые имеют дело с внешним интерфейсом. Таким образом, с целью сокращения влияния ошибок в системе становится очевидным введение дополнительного числа так называемых контролирующих (по своему назначению) и ограничивающих (по потоку данных) программных модулей. В противном случае допуск ошибок будет приводить к отказу системы управления в целом.

Пропуск ошибок в систему определится качеством работы дополнительного состава ПМ, которые должны обеспечить выполнения требований корректности данных и последовательности выполнения алгоритма, т.е. устойчивости управляющего вычислительного процесса.

Тогда вероятность безотказной работы средств программного обеспечения может быть определена как

$$P(ПО) = \sum_{i=1}^{n-k} \prod_{j=1}^s p_j \cdot W_i$$

где $n-k$ – количество входов в ПО, не защищенных от возможных ошибок, n – общее число входов, а k – число защищенных входов, P_j – вероятность безотказной работы дополнительных ПМ, W_i – переменная, $W_i=0$, если выходной результат верен для множества входных данных из числа $n=10$, $W_i=1$, в противном случае.

Программное обеспечение становится совершенным или самокорректирующимся тогда, когда W_i при всех значениях $n-k$ становится равным 0.

Введение программной избыточности в систему увеличивает ее стоимость. Возникает определенное противоречие введение избыточных программ требует дополнительной памяти, является источником неэффективного использования оборудования, увеличивает время выполнения задачи. Однако введенная программная избыточность повышает надежность ПО, снижает эксплуатационные затраты.

В заключение можно констатировать, что введение информационной, структурной и программной избыточности в АСУ является средством комплексного подхода в проектировании для повышения функциональной эффективности систем управления комплексов связи.

Список литературы

[1] *Хворостов В.И., Горбунов А.К., Хворостова Н.Н., Силаева Н.А.* Физико-технологические особенности применения имитирующих структур в газоразрядных лазерных датчиках. - Научноёмкие технологии, 2012 - Т. 13 № 10. - 34-39 с.

[2] *Лысенко Л.В., Горбунов А.К., Шаталов В.К., Лысенко А.Л., Овчаренко Н.А.* Энерготехнологическая интерпретация основного закона динамики. - Научноёмкие технологии, 2014 - Т. 15 № 08. - 55-58 с.

[3] *Горбунов А.К., Коржавый А.П., Лысенко Л.В., Лысенко А.Л., Шаталов В.К.* Элементы теоретических основ природоподобных процессов - Научноёмкие технологии, 2015 - Т. 16 № 06 - 52-57 с.

[4] *Горбунов А.К., Пинскер М.С.* Эпсилон-энтропия с задержкой гауссовского зашумлённого сообщения - Проблемы передачи информации, 1988 - Т. 24 № 3. - 18-23 с.

[5] *Горбунов А.К.* Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратичной оценке воспроизведения. - Труды МГТУ сборник статей. Сер. «Труды МТУ/Московский гос. Технический университет им. Н.Э. Баумана» ред. кол.: Царьков А.В. (гл. ред.) и др. Москва, 2010 - 35-37 с.

Роденкова Надежда Владимировна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: rodenkova.nadya@yandex.ru

Амеличев Глеб Эдуардович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

А.А. Юдаева, В.И. Кодубенко, А.К. Горбунов

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ЭКСТРАПОЛЯЦИИ ДЛЯ СЖАТИЯ ДАННЫХ В СИСТЕМАХ ДИКМ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Наличие корреляционных связей в первичных сигналах, которые, как правило, распространяются на большое число отсчетов, разнесенных во времени, позволяет предсказать значения текущих отсчетов по ранее переданным и тем самым уменьшить (сжать) объем передаваемых по каналу данных. Существующие линейные методы прогноза основаны на теории А.Н. Колмогорова-Н. Винера и независимо от выбора прогнозирующих функции не могут обеспечить дисперсию ошибки прогноза меньше

$$\sigma_{\Pi}^2 = \sigma_{\xi}^2 (1 - e^{-2\alpha\tau_{\Pi}})$$

где σ_{ξ}^2 - дисперсия прогнозируемого сигнала, α - параметр, характеризующий ширину спектра сигнала.

Уменьшить дисперсию ошибки прогноза можно, если использовать экстраполяторы, построенные на основе передаточной функции вида [2] (при $p=1$)

$$K(j\omega) = \frac{2}{1 + pe^{-j2\omega\tau_{\Pi}}} = \frac{e^{j\omega\tau_{\Pi}}}{\cos \omega\tau_{\Pi}} \quad (1)$$

Числитель выражения (1) соответствует передаточной функции идеального экстраполятора, а знаменатель определяет ошибку прогноза, которая будет иметь периодический характер и явно выраженный максимум на критической частоте $\omega_{кр} = \frac{\pi}{2\tau_{\Pi}} + \frac{n\pi}{2}$. Чтобы обеспечить минимальную ошибку

прогноза в области эффективной ширины спектра прогнозируемого сигнала время прогноза τ_{Π} необходимо выбрать достаточно малым, что не всегда соответствует требуемому времени прогноза. Расширить диапазон времени прогноза при неизменной величине ошибки можно последовательным соединением устройств с передаточной функцией (1). Тогда время прогноза экстраполятора будет равно $\tau_{\Sigma} = n\tau_{\Pi}$, а его передаточная функция при $p=1$ примет вид

$$K_{\Pi}(j\omega) = \frac{e^{j\omega\Pi\tau_{\Pi}}}{\cos^{\Pi}(\omega\tau_{\Pi})}, \quad (2)$$

Однако, в этом случае синтезированное устройство является неустойчивым. Избежать этого можно следующими способами:

1. Выбрать $p < 1$. Тогда выражение (2) преобразуется к виду

$$K_{\Pi}(j\omega) = \frac{2^{\Pi} e^{j\omega\Pi\tau_{\Pi}}}{(e^{j\omega\tau_{\Pi}} + pe^{-j\omega\tau_{\Pi}})^{\Pi}} = \frac{2^{\Pi} e^{j\omega\Pi\tau_{\Pi}}}{A^{\Pi} e^{j\Pi\psi}}, \quad (3)$$

где $A = \sqrt{[(1+p)\cos\omega\tau_{II}]^2 + [(1-p)\sin\omega\tau_{II}]^2}$, $\psi = \frac{(1-p)\sin\omega\tau_{II}}{(1+p)\cos\omega\tau_{II}}$.

Коэффициент p необходимо выбирать вблизи единицы, так как его уменьшение увеличивает дисперсию ошибки прогноза, определяемую

$$\sigma_{II}^2 = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} S(\omega) \left| 1 - \frac{2^{II}}{A^{II} e^{-jII\psi}} \right|^2 d\omega. \quad (4)$$

2. Выбрать вместо (1) передаточную функцию вида

$$K(j\omega) = \frac{d}{1+B}, \quad (5)$$

где

$$B = \begin{cases} e^{-j2\omega\tau_{II}}, & 0 \leq \omega \leq \omega_1; \\ D, & \omega > \omega_1 \end{cases}$$

d и D - некоторые постоянные коэффициенты. Величина ω_1 должна быть больше эффективной ширины спектра прогнозируемого сигнала, но меньше критической. Решить задачу синтеза устройства с передаточной функцией (5) можно с помощью метода наименьших квадратов.

Устройства прогноза случайных сигналов, построенные согласно рассмотренного метода, являются патентноспособными и позволяют уменьшить дисперсию ошибки прогноза в 1,7 – 2,4 раза.

Эффективность применения рассмотренных экстраполяторов в ДИКМ можно сравнить с системами ИКМ. Применение таких экстраполяторов позволяет в $M = \frac{\sigma_{\xi}^2}{\sigma_{II}^2}$ раз уменьшить мощность исходного сигнала за счет линейного предсказания. Коэффициент сжатия при ДИКМ определяется выражением

$$L = \frac{\log \frac{\sigma_{\xi}^2}{\sigma_q^2}}{\log \frac{\sigma_{II}^2}{\sigma_q^2}}, \quad (6)$$

где σ_q^2 - дисперсия ошибки квантования. Очевидно, что при одинаковом шуме квантования с уменьшением дисперсии ошибки прогноза увеличивается коэффициент сжатия данных.

Таким образом, предсказание на основе рассмотренных устройств прогноза позволяет уменьшить динамический диапазон и ослабить корреляцию ревностного сигнала и тем самым сокращает его избыточность.

Список литературы

[1] *Л.В. Лысенко, А.К. Горбунов, А.П. Коржавый, В.К. Шаталов, А.Л. Лысенко.* Некоторые подходы к разработке энергосберегающих технологий, основанных на транспортных формах переноса момента импульса. Научные технологии, 2013. Т.14.№7. С.20-25

[2] *Л.В. Лысенко, А.К. Горбунов, В.В. Грачев, А.В. Буланов.* Физико-химические процессы в технологии вакуумирования при сжигании порошка титана в среде азота. Научные технологии, 2008. Т.09.№10 С.25-31

[3] *А.К. Горбунов.* Эпсилон-энтропия с прогнозом. Проблемы передачи информации. 2009.№45. С.12

[4] *А.К. Горбунов, М.С. Пинскер.* Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратической ошибке воспроизведения. Проблемы передачи информации. 1987.Т.23.№2. С.3-8

Юдаева Анастасия Алексеевна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: anast.yudaeva@yandex.ru

Кодубенко Виктория Игоревна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: vkodubienko@yandex.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

Я.В. Непогодина, Н.А. Силаева, А.Ю. Логинова

СОВРЕМЕННЫЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ УДАЛЕНИЯ АММОНИЙНОГО АЗОТА ИЗ СТОЧНЫХ ВОД

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Традиционные биохимические методы не справляются с возрастающим содержанием азотосодержащих соединений в сточных водах. Несмотря на наличие очистных сооружений более 60% массы сброшенных сточных вод относится к категории недостаточно очищенных, около половины хозяйственно-бытовых стоков в водоемы вообще не подвергаются очистке (реки Ока, Протва) [1]. Серьезную проблему представляют животноводческие комплексы и фермы, птицефабрики, подсобные хозяйства объектов экономики, которые ежегодно пополняют воды рек 20 тыс. т навозной жижи и навоза.

Целью данной работы является обзор современных перспективных технологий очистки стоков от загрязняющих веществ группы азота для определения перспективного направления научных исследований в разработке комплексных технологических схем очистки сточных вод. Анализ современных методов необходим при разработке научных основ комбинированной очистки сточных вод от азотосодержащих соединений. Традиционная биотехнология не всегда эффективна при наличии в сточных водах веществ, токсичных для микроорганизмов и не поддающихся биodeградации.

Проблема удаления из воды аммонийного азота с точки зрения процессов водоподготовки – актуальна как для поверхностных, так и для подземных источников. Постоянное употребление воды с повышенным содержанием аммония может вызывать хронический ацидоз и изменения в тканях. Кроме этого, существует опасность протекания процессов неконтролируемой нитрификации, в результате которой в качестве промежуточного продукта образуются нитриты, отрицательное, в том числе мутагенное воздействие которых на организм человека весьма значительно.

В данном обзоре рассмотрены традиционные методы хлорирования и биологической обработки, а также представлены такие перспективные направления как использование озонирования, микроволнового излучения, химического реагентного окисления. К тому же рассмотрены комбинированные комплексные технологии и примеры их практического использования. Обобщены результаты исследований по повышению эффективности процесса удаления азотных соединений из стоков.

Наличие в воде большого количества аммония может говорить о разовом или постоянном попадании в поверхностные источники и неглубокие

скважины фекальных стоков, органических удобрений или остаточных количеств пестицидов. Такая картина характерна в местах интенсивной сельскохозяйственной деятельности и вблизи свалок. Имея базу данных о содержании аммонийного азота, можно предполагать также и существование могильников. Подобная проблема требует комплексного эколого-экономического подхода [2].

Ионообменные процессы наряду с удалением солей жёсткости дают частичное снижение содержания ионов аммония. Эксперименты показывают, что снижение содержания ионов аммония до уровня менее ПДК водоёмов хозяйственно-питьевого назначения возможно при превышении исходного содержания над ПДК водоёмов хозяйственно-питьевого назначения в 1,5-1,8 раз. Таким образом, применение ионообменных технологий для очистки воды от аммонийного азота влечёт за собой дополнительные расходы по организации циклов умягчения и повышает кратность циклов регенерации.

Непосредственно сорбционный процесс извлечения аммиака из воды в промышленном масштабе не используется. Однако для источников локального водоснабжения возможно использование специфичной сорбции аммония на неорганических сорбентах, проявляющих ионообменные свойства и обладающих различной селективностью по отношению к аммонию.

Применение цеолитов – одно из перспективных направлений по удалению аммонийного азота. Цеолиты – природные и синтетические алюмосиликаты с некомпенсированными группами SiO_2 . Для адсорбции из воды аммонийного азота наиболее эффективны цеолиты, содержащие максимальное количество кремнезёма (до 80%), например, клиноптилолит. Эффект удаления аммонийного азота на клиноптилолитовых фильтрах составляет 90-97%. В настоящее время способ не получил широкого применения [3].

Традиционно удаление аммония производится биологическим путём. Этот способ удаления аммония широко распространён в практике обработки сточных вод. Процесс происходит в две стадии: нитрификация – денитрификация. Особенности процесса биологической нитрификации является то, что требуется содержание рН более 7,2, то есть в ряде случаев требуется введение щёлочи. В связи с тем, что на окисление 1 г аммиака требуется 3,6 г кислорода, исходную воду требуется им насыщать, преимущественно посредством аэрации. Кроме этого, для поддержания бактерий в работоспособном состоянии необходимо иметь в обрабатываемой воде минимальные концентрации фосфатов, что неосуществимо на практике [4].

Целесообразность применения какого-либо способа сильно зависит от требуемой производительности, капитальных, эксплуатационных затрат и исходного содержания этой примеси. На выбор системы влияет, требуется

ли очистка воды от других компонентов, или же необходимо удалять исключительно эту примесь.

Также не теряет своей актуальности хлорирование воды для удаления аммония. В качестве основного достоинства применения активного хлора при удалении аммония из природных вод можно считать то, что при этом происходит не только окисление аммония, но и железа, марганца с последующим удалением взвесей на осветлительных фильтрах; окисление сульфидов и сероводорода до серы или сульфатов, окисление имеющих низкую ПДК нитритов до нитратов. Реакция ионов аммония с активным хлором осложняется наличием в воде различных восстановителей. При значительном содержании органики требуемая доза хлора может быть 10 мг/л и более, из-за чего появляется вероятность образования опасных для жизни хлорорганических соединений. Отрицательным эффектом хлорирования также является возможное образование броматов при наличии большого количества бромидов в исходной воде, требующих последующей адсорбции и фильтрования.

В настоящее время практически не используется для окисления аммиака другой сильный окислитель – озон. К озонированию относят как процессы прямого окисления органических соединений или обезвреживания растворенным в воде озоном, так и окислительные процессы, протекающие при участии гидроксильных радикалов, образующихся в результате химических трансформаций озона. Подобные методы перспективны и достаточно хорошо изучены.

На окисление 1 мг NH_4 (по азоту) требуется 13-14 мг O_3 . При обработке природных вод при воздействии озона проходят процессы осаждения железа, марганца, окисление сульфидов, нитритов, цианидов, галогенидов, органических соединений. Эти реакции происходят более активно, чем окисление аммиака, поэтому достаточно сложно использовать озонирование конкретно для рассматриваемого процесса. Поскольку для удаления аммония требуется значительное количество озона, велика вероятность при наличии других примесей, таких как гуминовые соединения или бромиды, появления гораздо более опасных соединений в обработанной воде – фенолов или броматов, соответственно. Кроме того, оборудование для озонирования имеет значительно большую стоимость, чем для хлорирования воды с использованием гипохлорита.

В последние годы СВЧ (MW) излучение привлекает большое внимание из-за нагрева на молекулярном уровне, что приводит к однородным и быстрым термическим реакциям. Однако нет никаких сообщений об удалении аммиачного азота из сточных вод с помощью MW излучения. Исследования показывают, что удаление аммиака возрастает со временем облучения и достигает уровня 98,2% через 3 минуты. Даже при повышении начальной концентрации аммиака с 500 мг/л до 12000 мг/л эффективность удаления оставалась выше 95%. Почти весь азот аммиака в растворе может

быть удалён за 3 минуты использования MW излучения и аэрации. Тепловые эффекты играют ключевую роль при удалении, нетепловые эффекты усиливают удаление до некоторой степени. Интересно, что аэрация значительно усиливает удаление аммиака при увеличении рН до 10, но при дальнейшем увеличении рН эффект от аэрации резко уменьшается. Оптимальным принимается рН=11 [5].

С быстрым развитием технологий MW можно обеспечить достаточное количество тепла в течение очень короткого времени, поэтому инженерное применение MW излучения для удаления аммиачного азота из сточных вод является практичным.

Преимуществами электрохимических процессов (ЭП) считают их незначительное воздействие на окружающую среду, гибкость применения, безопасность, эффективность и селективность. ЭП подразделяются на процессы отделения загрязняющих веществ и процессы их деградации. К первой группе относятся мембранные технологии (электродиализ), а также электрокоагуляция и внутренний микроэлектролиз. Ко второй группе ЭП относятся различные варианты электрохимического окисления загрязняющих веществ. Электролиз, или анодное окисление и катодное восстановление, происходит при прохождении электрического тока через раствор. На электродах образуются продукты окисления-восстановления. Анод является электрохимическим окислителем, катод – восстановителем. В процессах анодного окисления вещества, находящиеся в сточных водах, либо полностью распадаются, либо образуются менее токсичные вещества, которые удаляют другими методами. Так, при очистке от нитрита аммония используют графитовый катод, на котором вещество разлагается с выделением азота.

Развитием методов электрохимического окисления является их совмещение с процессом Фентона или с ультрафиолетовым облучением. ЭП рассматривают в качестве альтернативного варианта очистки сточных вод от аммония и нитратов. Основным недостатком данного метода являются большие энергозатраты [6].

При ультразвуковой обработке (УО) в объёме жидкой среды возникают кавитационные эффекты, вызывающие образование, быстрый рост и разрыв пузырей, внутри которых развиваются высокие давление и температура. В этих условиях происходит либо пиролиз захваченных внутрь пузырей органических соединений, либо их деградация при взаимодействии с гидроксильными радикалами, генерируемыми при деструкции молекул воды. УО едва ли может быть применена в промышленных масштабах, поскольку реализация такой технологии требует дорогостоящего оборудования и высоких энергозатрат, из-за чего УО применяют в качестве предварительной операции перед биологической обработкой.

Технология окисления в суперкритической воде (СКВ) основывается на взаимодействии загрязняющих веществ с окислителями в гомогенной суперкритической среде. Особый интерес представляет запущенная в 2010

г. первая в КНР пилотная установка по переработке осадков канализации. В ходе процесса, проводимого при 400 С и давлении 25 мПа, за 6 мин ХПК, содержание аммонийного азота снижается более чем на 95%.

В результате применения комбинированных схем могут быть значительно снижены эксплуатационные расходы в сравнении с индивидуальным использованием. В части очистки промышленных сточных вод можно выделить такие комбинированные схемы, как: предварительное озонирование и процесс фото-Фентон; процесс фото-Фентон и фотокаталитический процесс; электро-Фентон, электрохимическая или ультразвуковая обработка [7].

На наш взгляд, основываясь на проведённом анализе современных перспективных направлений в технологиях удаления аммонийного азота из сточных вод, в целях увеличения эффективности очистки стоков от аммонийного азота на действующих очистных сооружениях можно рекомендовать схемы, предусматривающие предварительную биологическую обработку, дополнительную стадию химического окисления и доочистку в биологическом процессе.

Список литературы

[1] Охрана труда, информационный ресурс. URL: http://ohrana-bgd.ru/prombit/prombit1_49.html (дата обращения 14.03.2017).

[2] *Самбурский Г.А.* Эколого-экономические аспекты выбора технологии удаления аммиака (аммонийного азота) из воды, предназначенной для локального питьевого водоснабжения. Вестник МИТХТ, 2010, № 5, с. 106 - 110.

[3] *Зуева Т.В.* Разработка технологии утилизации отработанных медно-аммиачных растворов травления. Дис. ... канд. тех. наук. Пенза, 2014, 120 с.

[4] *Логинова А. Ю., Силаева Н. А., Петросян О. П.* Анализ содержания фосфатов в сточных и поверхностных водах на урбанизированных территориях Калужской области. Водоснабжение и канализация, 2016, № 11-12, с 28-30.

[5] *Li L., Songhu Y., Jing C., Zuqun X., Xiaohua L.* Removal of ammonia nitrogen in wastewater by microwave radiation. J. of Hazardous Materials, 2009, vol. 161 № 02-3, pp. 1063-1068.

[6] *Коршунова Е.В.* Очистка воды от ионов аммония. Инженерная защита окружающей среды. Томский политехнический университет. Томск, 2014, с. 23-25.

[7] *Кофман В.Я.* Новые окислительные технологии очистки воды и сточных вод (часть 2). Водоснабжение и санитарная техника, 2013, № 11, с. 68-78.

Непогодина Яна Вячеславовна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: dragonflynepogodina@gmail.com

Силаева Наталья Альбертовна – ст. преп. кафедры "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: silaeva1968@list.ru

Логинова Алла Юрьевна – канд. хим. наук, доцент кафедры "Химия" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

С.С. Септаров, А.К. Горбунов

СОКРАЩЕНИЕ ИЗБЫТОЧНОСТИ В ИНФОРМАЦИОННЫХ МАССИВАХ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Для описания информации согласно алгоритмического подхода, предложенного А.Н. Колмогоровым, энтропия определяется как минимальная длина записанной в виде последовательности нулей и единиц «программы», которая позволяет построить объект y , имея в своем распоряжении объект x . Тогда основные понятия теории информации могут быть определены без обращения к вероятностным и алгоритмическим подходам для описания информации. Понятия «энтропия» и «количество информации» могут быть строго применены к индивидуальным объектам. При этом «количество информации в x относительно y » определяется как

$$I(x, y) = K(y) - K(y/x), \quad (1)$$

где $K(y)$ – «сложность объекта», а $K(y/x)$ «относительная сложность» объекта y при заданном x считается минимальная длина $l(p)$ «программы» p получения y из x .

Однако «такая индивидуальная оценка количества информации может иметь разумное содержание лишь в случае достаточно больших количеств информации».

Пусть имеется множество X объектов x и алфавит

$$A = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n\}$$

Введем оператор G , устанавливающий соответствие между любым объектом $x \in X$ и некоторой упорядоченной последовательностью $\beta = \langle \alpha_{j_1}, \alpha_{j_2}, \dots, \alpha_{j_l} \rangle$ символов алфавита A из множества различных упорядоченных последовательностей длиной l : $\beta = G(x)$

Назовем последовательность β информацией об объекте x или информационным массивом, если существует обратный оператор G^{-1} определяющий $x = G^{-1}(\beta)$. Если $S = \log_2 n$, то количество информации, содержащееся в массиве β , будет

$$I_\beta = s \cdot l, \quad (2)$$

Преобразование объектов x в некоторую упорядоченную последовательность считается наилучшим в том смысле, что $I_\gamma = I_{\min}$. При таком преобразовании количество информации, определяющееся в последовательности γ , минимально. При некотором другом преобразовании или

другом алфавите A в упорядоченной последовательности β содержится большее количество информации

$$\beta = G(x), I_{\beta} > I_{\gamma},$$

т.е. в массиве β имеется избыточность.

Заметим так же, что К. Шеннон определяет избыточность как «часть сообщения, которая является несущественной и, следовательно, повторяющейся в том смысле, что при ее потере «полнота сообщения» фактически сохраняется или, по крайней мере, может быть восстановлена. Поэтому сжатие информационных массивов эквивалентно определению «сокращение избыточности».

Под проблемой сжатия информации будем понимать задачу нахождения такого алгоритма преобразования ρ информационного массива длины $|m_1|$, что после преобразования его в массив длины $|m_2|$ он будет содержать меньшее количество бит, по сравнению с количеством бит первоначального массива. При этом по объему затрат должна существовать некоторая эквивалентность

$$|m_1| \sim |m_2| + |\rho| + |n|, \quad (3)$$

свидетельствующая о перераспределении затрат о первоначальном массиву, не избыточному преобразованному массиву, памяти программы для обеспечения преобразования (перекодировки) и $|n|$ определенной производительности некоторого устойчивого преобразования.

Если при передаче по каналу связи массива $|m_2|$ известна программа алгоритма его преобразования $|\rho|$ из массива $|m_1|$, а на приемном узле известна программа обратного преобразования $|\rho^{-1}|$, то за счет высокой производительности устройства преобразования массива имеется возможность изменить в (3) знак эквивалентности на равенство. Тогда, чем сильнее будет это неравенство, тем больший выигрыш по оперативности и надежности связи ожидается в системе передачи и обработки информации.

Известен метод кодирования, использующий позиционное представление чисел. Согласно этому методу некоторый заданный массив чисел записывают в «позиционную линейку», выполненную, например, в виде многоразрядного регистра так, что каждому числу массива соответствует единичное («1») состояние определенного разряда «линейки».

Последовательность

$$E_1 E_2 E_3 \dots E_i \dots E_n, (E := 0 \text{ или } 1), \quad (4)$$

Будем называть n -линейкой и обозначать L_n . Весом n -линейки - W_n назовем количество позиций, значение которых отлично от нуля.

Позиционный метод записи и считывания информации теряет свою эффективность по сравнению с традиционным методом хранения чисел то-

гда, когда $2^m n < 2^n$, где m - разрядность адреса массива, а n - разрядность числа.

Как видно из (4) задание n линейки требует n бит. Количество всевозможных линеек Q_n равно 2^n . в реальных ситуациях фигурирует, как правило, лишь незначительная часть из общего количества возможных n -линеек. Поэтому правомерна возможность задания n -линейки меньшим n -нежели количеством бит.

Пусть Q_n^w означает количество всевозможных n -линеек веса W . если перенумеровать в некоторой последовательности различные n -линейки веса W и задавать данную конкретную линейку ее номером в этой последовательности, то количество бит, требуемое на задание этой линейки будет

$$B_n^w = \left[\log_2 Q_n^w \right] + 1 = \left[\log_2 \frac{n!}{w!(n-w)!} \right] + 1, \quad (5)$$

При определенных соотношениях между n и W величина B_n^w меньше n . Так например, при $w = n$ имеет место $B_n^w = 1$, при $w = n - 1$ получаем $B_n^w = \left[\log_2 n \right] + 1$.

Разумеется, эти примеры в общем случае не характерны. Однако они отражают то обстоятельство, что данная конкретная n -линейка имеет свои специфические возможности, позволяющие уменьшить величину B_n^w и, тем самым, задать эту линейку меньшим числом бит.

Рассмотрим далее вопросы построения некоторых интегральных числовых характеристик n -линейки, которые каким-то образом аккумулировали бы в себе специфические свойства данной n -линейки. В целом такая числовая характеристика должна определять значение некоторого функционала, связывающего между собой позиционные значения линейки с номерами соответствующих позиций.

Рассмотрим характеристику вида

$$K_f = \sum_{i=1}^n f(i)E(i), \quad (6)$$

В векторном представлении, если

$$f = \{f(1), f(2), \dots, f(n)\} = \{f(j)\},$$

то K_f – скалярное произведение векторов f и L_n

$$K_f = (f, L_n), \quad (7)$$

Предполагается возможность рассмотрения различных функций $f(i)$, из которых простейшие $f(i) = i, f(i) = p_i$ (i^{oe} – простое число) $f(i) = i^2$ и т.п.

Таким образом, задать n – линейку возможно тремя числами K_f, W и N .

Величины K_f и W были определены выше. Что касается N , то это номер данной линейки среди всех возможных n - линеек веса W и, числовые характеристики которых равны K_f . Вычисляются они при заданном упорядоченном процессе преобразования возможных линеек.

Максимальное сокращение количества бит в общем виде, например, для передач массивов будет определяться формулой:

$$E = \frac{M - \log_2 M - \log_2 e}{M},$$

где E - относительно сокращение количества бит, M - разрядность хранимых чисел, e - основание натурального логарифма.

Например, для $M = 16$ объем передаваемых бит может сократиться до трех раз, а для $M = 32$ до 5 раз.

Список литературы

[1] Лысенко Л.В., Горбунов А.К., Коржавый А.П., Шаталов В.К., Лысенко А.Л. Некоторые подходы к разработке энергосберегающих технологий, основанных на транспортных формах переноса момента импульса // Научно-технические технологии. – 2013. – Т. 14., № 7. – С. 20-25.

[2] Лысенко А.Л., Горбунов А.К., Грачев В.В., Буланов А.В. Физико-химические процессы в технологии вакуумирования при сжигании порошка титана в среде азота // Научно-технические технологии. – 2008. – Т. 09., № 10. – С. 25-31.

[3] Горбунов А.К. Эпсилон-энтропия с прогнозом // проблемы передачи информации. – 2009, № 45. – С. 12.

[4] Горбунов А.К., Пинксер М.С. Эпсилон – энтропия с задержкой при малой среднеквадратической ошибке воспроизведения // Проблемы передачи информации. – 1987. – Т. 23., № 2. – С. 3-8.

[5] Горбунов А.К. Эпсилон – энтропия с задержкой при малой среднеквадратичной оценке воспроизведения // Труды МГТУ, сборник статей. Сер. «Труды МТУ / Московский гос. Технический университет им Н.Э. Баумана» ред. кол.: А.В. Царьков (гл. ред.) и др. – М.: 2010. – С. 35 – 37.

Септаров Сейран Серверович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: seyran1996@mail.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

П.Р. Гнатюк, А.К. Горбунов

СОКРАЩЕНИЕ ИЗБЫТОЧНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ОТОБРАЖАЕМЫХ ОБЪЕКТОВ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

При отображении трехмерных сцен в системах машинной графики создание геометрических информационных моделей отображаемых объектов и их проецирование на экранную плоскость является наиболее трудоемкой задачей и требует значительных затрат оперативной памяти и вычислительных ресурсов. Существующие синтезирующие системы визуализации (ССВ) для решения данной задачи содержат иерархические структуры, включающие в себя сценарный геометрический и дисплейный процессор. Это позволяет выполнить требования, предъявляемые к ССВ по гибкости создания геометрических информационных моделей и по времени их отображения. Однако при этом появляется многократное представление одинаковой по содержанию информации на различных иерархических уровнях ССВ.

Основным путем сокращения избыточности представления информационных моделей отображаемых объектов в ССВ является формирование локальной базы данных геометрического процессора и безизбыточной базы данных реального времени (БДРВ) дисплейного процессора.

Локальная база данных содержит информационные модели потенциально видимых объектов на уровне характеристического описания геометрических примитивов. БДРВ содержит сжатое описание изображения, формируемого на экранной плоскости. Содержание избыточности БДРВ достигается за счет удаления невидимых поверхностей геометрических информационных моделей отображаемых объектов при их ортогональном аксонометрическом проецировании на экранную плоскость.

Наиболее оптимальными методами удаления невидимых поверхностей с точки зрения затрат вычислительных ресурсов и процессорного времени является класс методов построчного сканирования. Это обусловлено использованием информации о когерентности сканирующих строк и переходом из трехмерного пространства объектов в двухмерное пространство изображения. При формировании изображения трехмерной сцены P информационные модели Φ_k реальных объектов имеют различные области существования в пространстве объектов. Случай отображения пересекающихся информационных моделей может быть сведен к формированию изображений взаимно непроникающих объектов в подпространствах объектов $W(\Phi_\alpha)$. При этом трехмерная сцена P может быть разделена на φ взаимно непроникающих друг в друга подпространств объектов $W(\Phi_\alpha)$, в каждом из которых существует только один выпуклый многогранник Φ_α таким образом, что

$$P = \sum_{\alpha=1}^{\Phi} W(\Phi_{\alpha}), \quad \alpha > K \quad (1)$$

Следовательно, задача удаления невидимых поверхностей разделяется на два этапа. На первом этапе производится определение видимых выпуклых многогранников. На втором этапе определяется видимость граней $\{\Gamma_j\}$ каждого выпуклого видимого многогранника. Второй этап значительно упрощается, если каждый выпуклый многогранник Φ_{α} в пространстве объекта $W(\Phi_{\alpha})$ может быть однозначно разложен на ψ непересекающихся объемов $V_{\beta}\{\Gamma_1\}$, в каждом из которых существуют неперекрывающиеся по координате z грани $\{\Gamma_1\}$ многогранника, таким образом, что

$$P = \sum_{\alpha=1}^{\Phi} \sum_{\beta=1}^{\psi} V_{\alpha,\beta}\{\Gamma_1\}, \quad (2)$$

где $\{\Gamma_1\} \in \{\Gamma_j\}, \forall V_{\beta}\{\Gamma_1\} : \Gamma\{1\} \neq \emptyset$.

При этом задача определения видимых поверхностей сводится к однозначному определению в каждой точке (x, y) пространства изображения видимой грани пространства объекта в соответствии с приоритетом $\overset{\square}{I}(z)$

$$\Gamma(x, y) = \max_{\overset{\square}{I}(z)} P = \max_{\overset{\square}{I}(z)} \{\Gamma : \}. \quad (3)$$

Тогда из выражения (3) с учетом (1) и (2) получаем

$$\Gamma(x, y) = \max_{\overset{\square}{I}(z)} W_{\dots} \left\{ \max_{\overset{\square}{I}(z)} V_{\alpha} \{\Gamma_1\} \right\}.$$

Если ограничения, наложенные на выражение (2) выполняются

$$\forall x \in \{X\}, \forall y \in \{Y\} :$$

$$z(V_f\{\Gamma_1\}) \cap z(V_q\{\Gamma_1\}) = \begin{cases} \emptyset & \text{при } f \neq q \\ z(V_f\{\Gamma_1\}) & \text{при } f = q. \end{cases}$$

где $f, q \in \{\beta\}$, то приоритеты объектов постоянны в пределах каждого объема

$$\forall V_{\beta}\{\Gamma_1\} : z(V_{\beta}\{\Gamma_1\}) = \overset{\square}{I}(z) = \text{const.}$$

Для хранения z координат K числа точек характеристического описания геометрических примитивов информационных моделей в пространстве объекта необходим объем памяти, определяемый выражением

$$Q = K \log_2 z', \quad (4)$$

где z' - размер пространства объектов по глубине.

При хранении в локальной базе данных α проекций информационных моделей потенциально видимых объектов на плоскости $\overset{\square}{I}(z)$, необходим объем памяти

$$Q' = \alpha \cdot \log_2 \sum_{\alpha=1}^{\phi} \Psi_{\alpha}. \quad (5)$$

Таким образом данный подход позволяет сократить избыточность математического описания трехмерных сцен на величину, определяемую отношением выражений (4) и (5). Сокращение избыточности БДРВ в существующих ССВ может быть достигнуто за счет хранения в сегментированном виде битовой карты изображения, при последующей развертке ее в реальном масштабе времени. При этом коэффициент сжатия изображения составляет

$$K_c = \frac{m \cdot \log_2 m}{S_1 \cdot \log_2 S_D},$$

где m – размер пространства объектов по горизонтали, S_1 – среднее число сегментов изображения в строке, S_D – средняя длина сегмента изображения.

Предложенный подход к анализу трехмерных сцен в системах обработки видеoinформации позволяет за счет использования когерентности по глубине информационных моделей отображенных объектов сократить избыточность математического описания трехмерных сцен и на этой основе повысить оперативность формирования изображений в ССВ.

Список литературы

[1] *Лысенко Л.В., Горбунов А.К., Коржавый А.П., Шаталов В.К., Лысенко А.Л.* Некоторые подходы к разработке энергосберегающих технологий. Основанных на транспортных формах переноса момента импульса. Научно-технические технологии, 2013, Т. 14, № 7, с. 20-25.

[2] *Лысенко А.Л., Горбунов А.К., Грачев В.В., Буланов А.В.* Физико-химические процессы в технологии вакуумирования при сжигании порошка титана в среде азота. Научно-технические технологии, 2008, Т. 09, № 10, с. 25-31.

[3] *Горбунов А.К.* Эпсилон-энтропия с прогнозом. Проблемы передачи информации, 2009, № 45, с. 12.

[4] *Горбунов А.К., Пинскер М.С.* Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратической ошибке воспроизведения. Проблемы передачи информации. 1987, Т. 23., № 2, с.3-8.

[5] *Горбунов А.К.* Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратичной оценке воспроизведения. Труды МГТУ сборник статей. Сер. «Труды МТУ/Московский гос. Технический университет им. Н.Э. Баумана» ред. кол.: А.В. Царьков(гл. ред.) и др. Москва, 2010, с. 35-37.

Гнатюк Павел Романович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: gnatuyk.p@yandex.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

А.Е. Абрамов, А.К. Горбунов

СОКРАЩЕНИЕ ИЗБЫТОЧНОСТИ МНОГОГРАДАЦИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Развитие систем обработки изображений ориентируется на представление их в цифровом виде. Обладая известными достоинствами, цифровое представление характеризуется большим объемом видеoinформации, а значит требует значительных ресурсов памяти для её хранения. В связи с этим актуальной является проблема компактного представления видеoinформации, сокращение её семантической и синтаксической избыточности.

В докладе рассматривается возможность сокращения синтаксической избыточности многоградационных изображений при кодировании их методом длин серий. Он позволяет обрабатывать изображения в реальном масштабе времени и без потери информации. Суть метода заключается в представлении исходного изображения последовательностью серий, образованных соседними в направлении развертки элементами изображения с равными значениями яркости (цвета). Каждая серия описывается сообщением, несущим информацию о её яркости (цвете) и длине. Каждому сообщению назначается кодовое слово [1].

Математическое моделирование позволило для рассматриваемого метода получить зависимость теоретического предела сокращения избыточности (C_{III}) от характеристик модели изображения.

$$C_{III} = \frac{(1 - q^A) \cdot \log_2 N}{p \cdot \log_2 N - (1 - q^{A-1}) \cdot (p \cdot \log_2 p + q \cdot \log_2 q)},$$

где $q = 1 - p$; p - вероятность обнаружения перепада яркости (цвета) на элементе изображения; A - максимальная длина серии; N - количество градаций яркости (цвета).

Исследование статистики многоградационных изображений, реальных сцен указывает на возможность ограничения максимальной длины серии 256 элементами, так как длина большинства серий (более 90%) не превышает этой величины. График зависимости $C_{III} = f(p)$ при $A = 256$ и $N = 256$ приведен на рис. 1 пунктирной линией.

При назначении сообщениям кодовых слов длина их выбрана фиксированной, что вносит некоторую избыточность. В то же время упрощается синхронизация и обработка кодовых слов при восстановлении изображений. В этом случае коэффициент сокращения избыточности (C_r) определяется выражением

$$C_r = \frac{m \cdot (1 - q^{2^n})}{(m + n) \cdot p},$$

где m - разрядность кода яркости (цвета); n - разрядность кода длины серии.

На рис. 1 сплошной линией приведена зависимость $C_r = f(p)$ при $n = m = 8$ дв.ед.

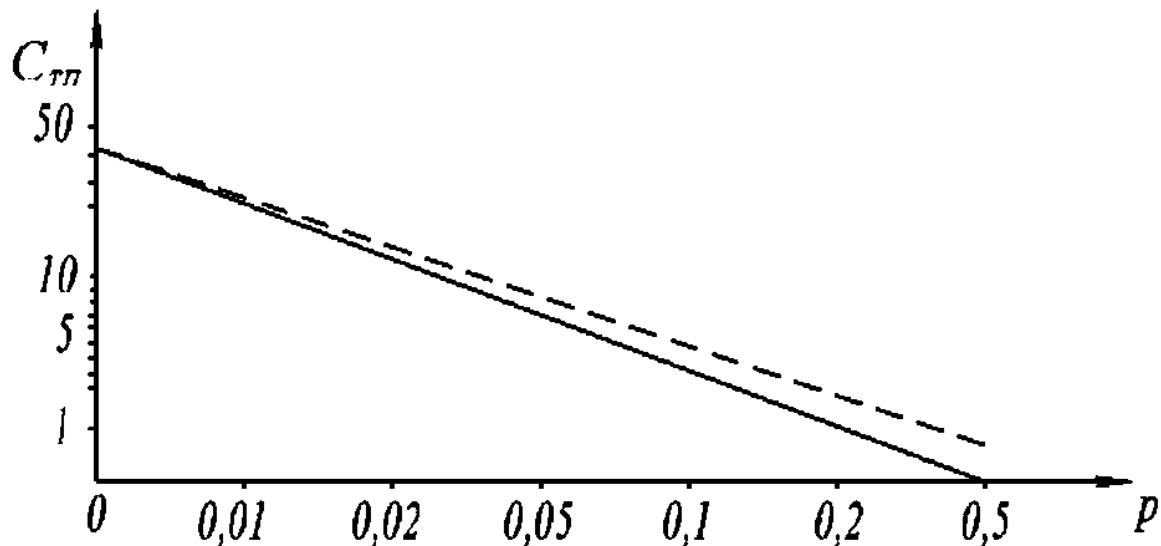


Рис. 1

Эффективность (η) кодирования, определяемая отношением

$$\eta = \frac{C_r}{C_{\text{ПП}}} \cdot 100\%$$

для изображения реальных сцен ($p = 0,01 \dots 0,2$) лежит в пределах 72...96,6%.

Теоретическая оценка кодирования многоградационных изображений методом длин серий с фиксированной длиной кодовых слов указывает на возможность сокращения объема видеоинформации в 2,5...46,2 раза. Для реализации рассмотренного метода кодирования предложен следующий алгоритм.

1. Положить $K = 0, R = 0, D(R) = 0$, где K - номер элемента изображения; R - номер сообщения; $D(R)$ - длина серии.
2. Если $B(K) = B(K - I)$, где $B(K)$ - яркость (цвет) K -го элемента, то положить $D(R) = D(K) + I$, иначе перейти к 4.
3. Если $D(R) > 2^n$, где n - разрядность кода длины серии, то перейти к 4, иначе перейти к 5.
4. Положить $R = R + I, D(R) = 0, I(R) = B(K)$, где $I(R)$ - яркость (цвет) серии.

5. Если $K < M$, где M – количество элементов в изображении, то положить $K = K + I$, перейти к 2, иначе положить $S = R$, где S – количество сообщений, описывающих изображение, конец.

В результате изображение описывается последовательностью сообщений о цвете и длине представляющих его серий.

Схема устройства, реализующего представленный алгоритм, приведена в [2].

Для восстановления исходного изображения предложен следующий алгоритм.

1. Положить $R = 0$.
2. Если $R < S$, то положить $R = R + I$, $K = 0$, иначе конец.
3. Для $K \leq D(R)$ считать $I(R)$, положить $K = K + I$.
4. Перейти к 2.

В результате будут считаны коды яркости (цвета) всех элементов изображения.

Схема устройства восстановления исходного отображения [3] приведена на рис.2.

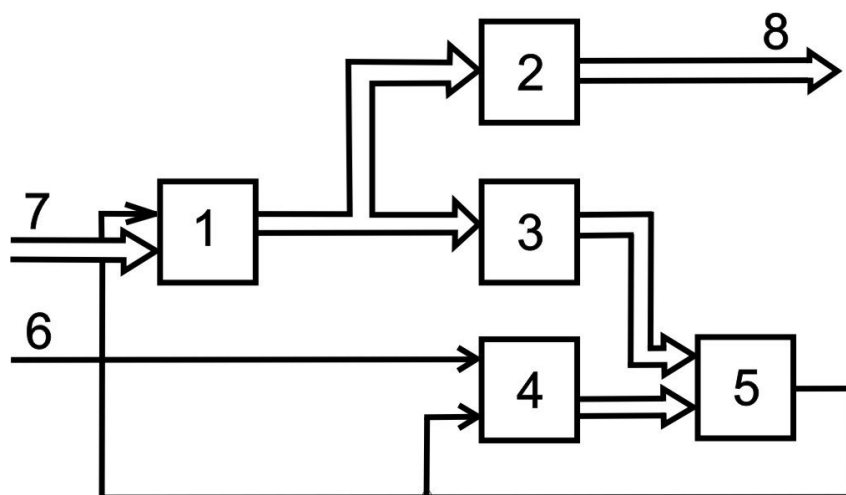


Рис.2.

Блоки памяти 2, 3 хранят значения соответственно яркостей (цветов) и длин серий. Счетчик 1 формирует адрес считывания сообщений из блоков 2,3. Счетчик 4 формирует код длины восстановленной серии. Блок сравнения 5 сравнивает коды длин серий исходного изображения и восстановленных серий.

Таким образом, кодирование многоградационных изображений методом длин серий с фиксированной длиной кодовых слов позволяет сократить объем их описания 2,5...46,2 раз в зависимости от сложности изображений. Метод прост в реализации, хорошо согласуется с работой существующих растровых устройств отображения информации.

Предложенные технические решения, реализующие алгоритмы кодирования и восстановлений изображений, позволяют обрабатывать их без потери информации в реальном масштабе времени.

Рассмотренный метод может быть использован совместно с другими методами кодирования (ДИКМ, трансформационное кодирование), что позволит дополнительно сжать объем описания изображений.

Дальнейшее увеличение коэффициента сжатия может быть достигнуто путем адаптации длины кодовых слов к сложности изображений.

Список литературы

[1] *Лысенко Л.В., Горбунов А. К., Коржавый А.П., Шаталов В.К., Лысенко А.Л.* Некоторые подходы к разработке энергосберегающих технологий, онованных на транспортных формах переноса момента импульса // Научноёмкие технологии. – 2013. - Т. 14, № 07. - С. 20-25.

[2] *Лысенко А.Л., Горбунов А.К., Грачев В.В., Буланов А.В.* Физико-химические процессы в технологии вакуумирования при сжигании порошка титана в среде азота // Научноёмкие технологии. - 2008. - Т. 09, № 10. - С. 25-31.

[3] *Горбунов А.К.* Эпсилон-энтропия с прогнозом // Проблемы передачи информации. - 2009. - № 45. - С. 12.

[4] *Горбунов А.К., Пинскер М.С.* Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратической ошибке воспроизведения // Проблемы передачи информации. - 1987. - Т. 23, № 2. - С. 3-8.

[5] *Горбунов А.К.* Эпсилон – энтропия с задержкой при малой среднеквадратичной оценке воспроизведения // Труды МГТУ, сборник статей. Сер. «Труды МГУ / Московский гос. Технический университет им. Н.Э. Баумана» ред. кол.: А.В. Царьков (гл. ред.) и др.- М.: 2010. – С. 35-37.

Абрамов Артем Евгеньевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: don.abram2808@yandex.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

М.А. Миронов, А.К. Горбунов

УМЕНЬШЕНИЕ ИЗБЫТОЧНОСТИ ЛИНЕЙНЫХ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ В АСУТП

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Оптимизационные задачи в АСУТП часто ставятся в виде

$$\min \alpha'x \quad (1)$$

$$Cx = b \quad (2)$$

$$Dx \leq d', \quad (3)$$

где α, x, b, d – вектор столбцы размерности n, n, m_1, m_2 ; C, D – разреженные матрицы размерности $m_1 \times n, m_2 \times n$; ' – операция транспонирования.

Ограничения (2) возникают в основном из модели объекта; (3) – из плановых и технологических условий.

Задача типа (1)-(3) в процессе функционирования АСУТП решается многократно многократно при различных значениях входящих в нее коэффициентов, и естественно попытаться уменьшить время ее решения, предварительно снизив размерность путем исключения равенств (2) и части переменных, например, метод Гаусса. Однако, время решения задачи (1)-(3) зависит не только от ее размерности, но и от заполненности матрицы ограничений (и весьма существенно). Поэтому выбор очередного главного элемента в методе Гаусса предлагает производить таким образом, чтобы минимизировать заполненность (количество ненулевых элементов) результирующей матрицы ограничений. Тогда на каждом шаге исключения требуется решить экстремальную задачу. Временные затраты на это с избытком окупаются при последующей эксплуатации АСУ.

Получим выражение для нашего критерия оптимизации – зависимость заполненности от выбора главного элемента исключения.

Обозначим:

$$A = \begin{pmatrix} C \\ D \end{pmatrix}; R = (r_{ij}), r_{ij} = \begin{cases} 1, \text{если } a_{ij} \neq 0 \\ 0, \text{если } a_{ij} = 0 \end{cases};$$

$$g = \sum_{i,j} r_{ij}; l_s = \sum_q r_{sq}; c_t = \sum_p r_{pt};$$

I_k – единичная матрица размерности $k \times k$;

$j_t - t$ – столбец матрицы I_n ;

$i_s - s$ – столбец матрицы I_{m_1} ;

$$T_{st} = a_{st}^{-1} j_t' i_s' C, M_{st} = a_{st}^{-1} j_t' i_s' b.$$

Тогда при исключении из матрицы A, α переменной x_t с помощью строки $s (s \leq m_1, a_{st} \neq 0)$ задача (1)-(3) преобразуется в задачу

$$\min \alpha'(I_n - T_{st})x + \alpha' M_{st}, \quad (4)$$

$$C(I_n - T_{st})x = b - CM_{st}, \quad (5)$$

$$D(I_n - T_{st})x = d - DM_{st}, \quad (6)$$

Которая фактически не содержит переменную x_t . Значение переменной x_t можно восстановить из соотношения $j'_s Cx = j'_s b$.

Литература

[1] *Хворостов В. И., Горбунов А. К., Хворостова Н. Н., Силаева Н. А.* Физико-технологические особенности применения имитирующих структур в газоразрядных лазерных датчиках // *Наукоёмкие технологии.* - 2012. - Т. 13, № 10. - С. 34-39.

[2] *Лысенко Л. В., Горбунов А. К., Шаталов В. К., Лысенко А. Л., Овчаренко И. Н.* Энерго-технологическая интерпретация основного закона динамики // *Наукоёмкие технологии.* - 2014. - Т. 15, № 08. - С. 55-58.

[3] *Горбунов А. К., Коржавый А. П., Лысенко Л. В., Лысенко А. Л., Шаталов В. К.* Элементы теоретических основ природоподобных процессов // *Наукоёмкие технологии.* - 2015. - Т. 16, № 6. - С. 52-57.

[4] *Горбунов А.К., Пинксер М.С.* Эпсилон – энтропия с задержкой гауссовского зашумленного сообщения // *Проблемы передачи информации.* – 1988. – Т. 24, № 3. – С. 18-23.

[5] *Горбунов А.К.* Эпсилон – энтропия с задержкой при малой среднеквадратичной оценке воспроизведения // *Труды МГТУ, сборник статей. Сер. «Труды МГУ / Московский гос. Технический университет им Н.Э. Баумана» ред. кол.: А.В. Царьков (гл. ред.) и др. – М.: 2010. – С. 35 – 37.*

Миронов Михаил Александрович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: miralex2014@yandex.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

Э.А. Перельмутер, Г.Э. Амеличев, А.К. Горбунов

УПРАВЛЕНИЕ ИЗБЫТОЧНОСТЬЮ СИГНАЛОВ В НЕСТАЦИОНАРНЫХ КАНАЛАХ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Пусть задан класс систем (неадаптивных), отличающихся некоторым параметром $b \in B$, и способ расчета эффективности $R(a,b)$ каждой системы в среде с заданным n -мерным вектором параметров $a \in A$. Рассматривается адаптивная система, которая при изменении вектора a (состояний среды) изменяет по заданному алгоритму $b=b(a)$, возможно обеспечивая тем самым более высокую эффективность функционирования по сравнению с каждой из неадаптированных систем. Целесообразность разработки адаптивной системы может быть установлена на основе ориентировочного расчета эффективности адаптивного алгоритма, т.е. выигрыша, обеспечиваемого адаптивной системой по сравнению с некоторой неадаптивной.

Методика оценки эффективности адаптивного алгоритма. При оценке эффективности адаптивного алгоритма предполагается, что в каждом состоянии среды, определяемом соответствующим значением вектора a , адаптивная система функционирует с оптимальным значением управляемого параметра b . При этом ее эффективность в фиксированном состоянии среды определяется значением $R_a = \sup R(a,b)$, где \sup вычисляется по $b \in B$. Относительно показателя эффективности R предполагается его осредняемость по множеству состояний среды, так что при заданной функции распределение $\sigma(x)$ вероятностей вектора a эффективность адаптивной системы определяется выражением

$$R_a = \int_a R_a(x) d\sigma(x)$$

Аналогично, эффективность неадаптивной системы с фиксированным параметром b равна

$$R_H = \int_a R(x) d\sigma(x),$$

где $R(x) = R(x,b)$.

Выигрыш, обеспечиваемый применением адаптивного функционирования в среде с заданной функцией $\sigma(x)$, будет оцениваться отношением $\mu = R_a/R$. Таким образом, граничные оценки эффективности адаптивного алгоритма в множестве сред с фиксированным вектором моментов (1) могут быть оценены функционалами

$$\mu_{1,2}(m) = \sup_{\inf} \mu = \sup \int_a R_a(x) d\sigma(x) / \int_a R(x) d\sigma(x),$$

где: $m = (m_1, m_2, \dots, m_{k-1})$, и $\sup(\inf)$ определяется по всем функциям распределений $\sigma(x)$, удовлетворяющим условиям (1).

Известно, что экстремальные значения (2), при ограничениях (1), ограниченности и замкнутости множества A достигаются на распределениях, сосредотачивающих вероятную не более чем на k точках на A . При

этом использование равенств (1) позволяет свести задачу нахождения $\mu(m)$ к задаче k n -параметрической оптимизации.

Адаптивный алгоритм передачи сигналов с управляемой энергией. Рассмотрим возможность адаптации системы передачи информации изменением энергии сигналов (управление мощностью передатчика или длительностью сигналов) при изменении состояний непрерывного канала связи. Для неадаптивной системы вероятность ошибочного приема сигналов является монотонно убывающей функцией $P(\alpha, e)$ энергетического коэффициента передачи α и энергии e передаваемого сигнала. Если коэффициент передачи α является случайной величиной с функцией распределения вероятностей $\sigma(x)$, то средняя вероятность ошибочного приема рычага

$$P_H(e) = \int_a P(\alpha e) d\sigma$$

Пусть в адаптивной системе энергия сигнала изменяется таким образом, чтобы в любом состоянии канала вероятность ошибки была постоянна и равна допустимой величине $P(\alpha e) = P_{\text{доп}}$. При этом энергия, приходящаяся в среднем на один сигнал в адаптивной системе, равна $e_a = F(P_{\text{доп}})m_1$, где $F(P)$ – функция, обратная $P(x)$,

$$m_1 = \int_a \frac{\partial \sigma(x)}{x}$$

В неадаптивной системе энергия сигнала e_H выбирается такой, чтобы обеспечить $P_H(e_H) = P_{\text{доп}}$.

Список литературы

- [1] Горбунов А.К. Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратичной ошибке воспроизведения. – Труды МГТУ, 2010. – 35-42 с.
- [2] Хворостов В.И., Горбунов А.К., Хворостова Н.Н., Силаева Н.А. Физико-технологические особенности применения имитирующих структур в газоразрядных лазерных датчиках. – Научные технологии, 2012. – Т. 13. № 10. – 34-39 с.
- [3] Лысенко Л.В., Горбунов А.К., Шаталов В.К., Лысенко А.Л., Овчаренко И.Н. Энерго-технологическая интерпретация основного закона динамики. – Научные технологии, 2014. – Т. 15, № 08. – 55-58 с.
- [4] Горбунов А.К., Коржавый А.П., Лысенко Л.В., Лысенко А.Л., Шаталов В.К. Элементы теоретических основ природоподобных процессов. – Научные технологии, 2015. – Т. 16. № 06. – 52-57 с.
- [5] Горбунов А.К., Пинскер М.С. Эпсилон-энтропия с задержкой гауссовского зашумленного сообщения. – Проблемы передачи информации, 1988. – Т. 24. № 3. – 18-23 с.

Перельмутер Элина Алексеевна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: perelmuter.elya@yandex.ru

Амеличев Глеб Эдуардович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

И.Ж. Безбах, С.С. Аксенов

УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ АППАРАТУРА ДЛЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ БЕЛКОВ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Кристаллизация биоматериалов в настоящее время необходима в биологии и медицине для определения пространственных структур органических молекул кристаллографическими методами, что в дальнейшем позволяет проводить как синтез новых веществ с требуемыми свойствами, так и решать некоторые фундаментальные вопросы функционирования живых систем в целом. Одним из важнейших факторов, определяющих успех этих исследований, являются процессы роста таких кристаллов [1-2].

Способ температурного управления процессами кристаллизации белка является значительно более технологичным и более эффективным для выращивания высокосоввершенных кристаллов по сравнению с традиционными методами [3], при этом исключается конвекция в растворе, а также практически устраняется влияние вибраций на процессы кристаллизации, и таким образом обеспечивается максимально возможное приближение к диффузионным условиям теплопереноса, т.е. оптимальные условия встраивания макромолекул белка в кристаллическую решётку.

Данный метод является более технологичным и более эффективным для получения высокосоввершенных кристаллов белков по сравнению с традиционными. Управление температурой влияет на растворимость белков и скорость роста кристаллов, оставляя концентрацию неизменной. При этом появляется возможность регулировать количество зародышей и скорость роста кристаллов.

На основе проведенного анализа реализованных способов кристаллизации и известной и используемой в мире аппаратуры для кристаллизации белков [4-6] был сделан вывод о необходимости усовершенствования автоматизированной установки с управляемыми температурой процессами зарождения и кристаллизации белков. Эта модификация осуществлялась в направлениях: 1) повышения плавности выхода установки на рабочий режим при управлении температурами в точке и во всём растворе; 2) увеличения температурной стабилизации при выдержке при заданных температурах до появления первых зародышей; 3) плавного регулируемого управления температурой в точке и всего объема раствора до роста кристалла размером $\sim (0,5 - 1,0)$ мм.

На основе проведенных исследований и экспериментов была доработана простая по конструкции маломассогабаритная ростовая установка. Это позволило изменять температуру достаточно медленно для того, чтобы диффузионные и конвективные процессы успевали выравнивать концен-

трацию в области пониженной температуры, где возможно зародышеобразование, что дало возможность создания таких условий, когда начало роста кристалла в одной из областей капилляра подавляет развитие других зародышей. Был проведен ряд экспериментов по выращиванию кристаллов белков лизоцима и ксиланазы. Такую модернизацию экспериментальной установки для температурно-управляемой кристаллизации биологических макромолекул следует признать успешной.

ЛИТЕРАТУРА

[1] *Куранова И.П.* Кристаллизация белков на Земле и в невесомости. Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования, 2004, № 7, с. 4–12.

[2] *Chayen N.E.* Turning protein crystallisation from an art into a science. *Current Opinion in Structural Biology*, 2004, vol. 14, pp. 577–583.

[3] *Безбах И.Ж., Косушкин В.Г., Захаров Б.Г., Стрелов В.И., Артемьев В.К., Гинкин В.П., Фоломеев В.И.* Оптимизация роста кристаллов белков с применением метода теплового управления. Труды МГТУ им. Н.Э. Баумана. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006, № 592, с. 18–26.

[4] *Rosenberger F., Howard S.B., Sowers J.W., Nyce T.A.* Temperature dependence of protein solubility – determination and application to crystallization in X-ray capillaries. *Journal of Crystal Growth*, 1993, vol. 129, pp. 1–12.

[5] *Стрелов В.И., Захаров Б.Г., Безбах И.Ж., Сосфенов Н.И.* Кристаллизация белка лизоцима в прецизионно-управляемом градиенте температуры. Кристаллография, 2008, Т. 53, № 1, с. 145–148.

[6] *Безбах И.Ж., Захаров Б.Г., Стрелов В.И., Крицкий О.В., Радченко И.Н.* Установка выращивания биокристаллов с активным управлением процессом кристаллизации. Инженерный журнал: наука и инновации, 2014, вып. 3. URL: <http://engjournal.ru/catalog/bio/hidden/1249.html> (дата обращения 27.02.2017).

Безбах Илья Жанович – канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ilya.bezbakh@gmail.com

Аксенов Сергей Сергеевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail aksenovsergey97@mail.ru

УСТРАНЕНИЕ ИМПУЛЬСНЫХ ПОМЕХ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Будем рассматривать дискретизованные изображения с прямоугольным полем зрения, разбитым на M строк и N столбцов. Светлоту элемента с координатами (m, n) обозначим $u(m, n)$. Тогда изображение можно описать массивом чисел $u\{u(m, n)\}$. Пусть u - исходное (неискаженное) изображение. При наличии импульсных помех в канале связи передаваемое изображение u искажается, в результате наблюдается искаженное изображение $V = \{v(m, n)\}$. Светлота элемента искаженного изображения

$$v(m, n) = \begin{cases} u(m, n) & \text{с вероятностью } 1 - p, \\ \xi(m, n) & \text{с вероятностью } p, \end{cases}$$

где p - вероятность появления помехи $\xi(m, n)$ - случайной величины с плотностью вероятности $\rho\xi$.

Возможность обнаружения помехи и исправления искаженного элемента изображения основана на отличии помехи от предсказанного значения, определяемого через значения светлот исходного изображения u , расположенных в ближайшей окрестности рассматриваемого элемента. Поэтому оценку $\hat{u}(m, n)$ светлоты элемента исходного изображения можно получить с помощью наблюдаемого $v(m, n)$ и предсказанного значения.

Для получения предсказанного значения будем считать, что исходное изображение является реализацией одно-марковского поля (частный случай R-марковского поля). Тогда условная плотность вероятности значения $u(m, n)$ зависит лишь от значений элементов множества

$$V = \{u(m+i, n+j); i = \pm 1, j = 0; j = \pm 1, i = 0\},$$

$$P_1(u(m, n)) = \exp\{-W(u(m, n), V)\} / Z(V), \quad (1)$$

где $Z(V) = \int \exp\{-W(u(m, n), V)\} du(m, n)$

Функция в показателе экспоненты называется потенциалом

$$W = W_1(u(m, n)) + \sum_{i=-1, i \neq 0}^1 W_2^V(u(m+i, n), u(m, n)) + \sum_{j=-1, j \neq 0}^1 W_2^H(u(m, n+j), u(m, n)), \quad (2)$$

где $W_1(\dots)$ - собственный потенциал; $W_2^V(\dots), W_2^H(\dots)$ - потенциалы взаимодействия пары элементов, соседних по строке и столбцу соответственно.

В качестве предсказанного значения $u(m, n)$ возьмем величину $\hat{u}(m, n)$, доставляющую максимум условной плотности вероятности (1) или минимум потенциала (2). Необходимое условие максимума

$$\partial W(u(m, n), V) / \partial u(m, n) = 0 \quad (3)$$

даст уравнение для определения $\hat{u}(m, n)$ через значения элементов множества V .

Уравнение для оценки $\hat{u}(m, n)$ будет иметь вид

$$\hat{u}(m, n) = f(v(m, n), u(m-1, n), u(m+1, n), u(m, n-1), u(m, n+1))$$

$$m = \overline{2, M-1} \quad n = \overline{2, N-1}$$

Однако, значения соседних элементов изображения являются неизвестными, поскольку могут быть повреждены помехой. Особенность метода заключается в замене неизвестных значений на их оценки [4] и получении системы уравнений, связывающих различные оценки

$$\hat{u}(m, n) = f(v(m, n), \hat{u}(m-1, n), \hat{u}(m+1, n), \hat{u}(m, n-1), \hat{u}(m, n+1))$$

$$m = \overline{2, M-1} \quad n = \overline{2, N-1}$$

Аналогичные уравнения, но содержащие в правой части значения трех или двух элементов, получаются для элементов на границе поле зрения.

Решение системы может быть получено итеративным методом

$$\hat{u}^{(i)}(m, n) = f(v(m, n), \hat{u}^{(i-1)}(m-1, n), \hat{u}^{(i-1)}(m+1, n), \hat{u}^{(i-1)}(m, n-1), \hat{u}^{(i-1)}(m, n+1)) \quad (4)$$

$$m = \overline{2, M-1} \quad n = \overline{2, N-1}$$

Вследствие замены истинных значений на их оценки, метод становится субоптимальным. Однако при небольших уровнях помех оценки близки к оптимальным.

В качестве оценки $u(m, n)$ выберем величину $\hat{u}(m, n)$, оптимальную по критерию минимума среднеквадратичного значения при известном значении $v(m, n)$ и $\tilde{\gamma}$. Тогда

$$\hat{u}(m, n) = (1 - \alpha)v(m, n) + \alpha\tilde{\gamma} \quad (5)$$

где апостериорная вероятность помехи

$$\alpha = p\rho\xi(v(m, n)) / (p\rho\xi(v(m, n)) + (1 - p)P_2(v(m, n) | \tilde{\gamma}))$$

определяется с помощью плотности вероятности $P_2(u(m, n) | \tilde{\gamma})$ при $u(m, n) = v(m, n)$.

Свойства реальных изображений позволяют упростить модель, считая, что потенциалы $W_2^V(\dots), W_2^H(\dots)$ по вертикали и горизонтали совпадают и зависят только от разности аргументов, а собственный потенциал

$$W_1(u(m, n)) = \begin{cases} 0 & u_{\min} < u(m, n) < u_{\max}, \\ \infty & \text{в остальных случаях,} \end{cases}$$

где (u_{\max}, u_{\min}) - диапазон изменения светлоты.

Как показывают статистические измерения потенциал взаимодействия может быть представлен с помощью функций $a|\Delta| - ab \ln(1 + |\Delta|/b)$ или $a|\Delta|$, где Δ - разность светлот соседних элементов. Для первой из указанных функций $\tilde{\gamma}$ определяется из (3) и имеет вид

$$\tilde{\gamma} = (S_{-1}u(m-1, n) + S_1u(m+1, n) + S_{-2}u(m, n-1) + S_2u(m, n+1)) / S$$

где $S_i = 1 / (b + |\tilde{\gamma}_i|)$

$$i, j = -1, 1; \quad S = S_{-1} + S_1 + S_{-2} + S_2$$

Решение этого уравнения также может быть получено итеративным методом, когда значения окружающих элементов заменены на оценки, полученные на $(i - I)$ -ом шаге основной итерационной процедуры (4). В случае потенциала $a|\Delta|$ значение \tilde{i} совпадает с медианной оценкой, что значительно упрощает процедуру получения \tilde{i} .

Измерение $P_2(\dots)$ показывает, что она зависит от разности $u(m, n) - \tilde{i}$ и быстро убывает с ее увеличением. Это позволяет упростить алгоритм (5) и записать оценку в виде

$$\hat{u}(m, n) = \begin{cases} v(m, n) & |v(m, n) - \tilde{i}| \leq \Delta p \\ \tilde{i} & \text{противоположном случае,} \end{cases}$$

где Δp - порог, определяемый по измерениям $P_2(\dots)$.

Моделирование на ЭВМ показало эффективность рассмотренного метода. При этом качество очищенного от помех изображения оказалось лучшим по сравнению с изображением, полученным в предположении гаусс-марковской модели, когда значение \tilde{i} является линейной комбинацией значений окружающих элементов.

Список литературы

[1] Горбунов А.К., Лысенко А.Л., Горбунов Е.А. Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратической ошибке воспроизведения. Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы, Москва, 2004, с. 18-21.

[2] Горбунов А.К., Лысенко А.Л., Горбунов Е.А. Вычисление энтропии с экстраполяцией гауссовского сообщения. Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы, Москва, 2004, с. 30-32.

[3] Лысенко А.Л., Горбунов Е.А., Горбунов А.К. Энтропия и скорость создания сообщений без предвосхищения и с прогнозом. Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы, Москва, 2004, с. 17-19.

[4] Горбунов А.К., Чистяков Г.А., Пчелинцева Н.И., Никифоров Д.К. Получение и использование наноструктур и нанопокровов в атомарных и молекулярных газовых лазерах. Научно-технические технологии, 2014, т. 15, № 10, с. 45-59.

[5] Горбунов А.К. Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратичной оценке воспроизведения. Труды МГТУ сборник статей. Сер. «Труды МГТУ/Московский гос. Технический университет им. Н. Э. Баумана» ред. кол.: А.В. Царьков (гл. ред.) и др., Москва, 2010, с. 35-37.

Габдуллин Равиль Василевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: gvg.ravil@gmail.com

Размахов Илья Вадимович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: il.razmahow@yandex.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

Е.Р. Камзаракова, А.К. Горбунов, А.И. Чухраева

УСТРАНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ И АППАРАТУРНОЙ ИЗБЫТОЧНОСТИ В ИНФОРМАЦИОННОЙ СЕТИ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Для устранения технологической и аппаратурной избыточности в автоматизированных системах научно-технической информации (АСНТИ) должны соблюдаться следующие принципы:

- одноразовый ввод данных и многократное их использование;
- исключение дублирования или принцип единства данных, согласно которому структуры данных и системы должны быть построены таким образом, чтобы одни и те же факты и объекты не могли быть отнесены к различным множествам и группировкам и разные пользователи могли понимать их одинаково, поэтому все информационные потоки, циркулирующие внутри АСНТИ, должны быть в едином внутрисистемном обменном формате, все потоки, выходящие за пределы системы должны быть в едином Государственном коммуникативном формате;

- специализация – чем больше унифицированы и типизированы однотипные технологические процедуры, тем проще они поддаются автоматизации, поэтому процедуры создания и распространения должны быть дифференцированы;

- интеграция – чем выше уровень концентрации информационных ресурсов, тем больше кооперации в использовании трудовых ресурсов вычислительной техники и средств передачи данных, тем меньше несогласованность и параллелизм в разработках, распыление квалифицированных кадров, тем ниже конечная стоимость системы, поэтому максимальная эффективность информационного обслуживания может быть достигнута в том случае, если республиканские информационные органы будут интегрированы в рамках единой сети.

Интеграция информационных органов в рамках единой сети подразумевает, прежде всего, организацию сетевого режима информационного обслуживания. Работа в режиме сети не означает механическое соединение элементов системы каналам связи по двум и более направлениям, а обязательно подразумевает наличие элементов или их совокупностей, выполняющих операции, результат которых влияет на работу других органов или элементов сети. Для сети характерна концентрация сил и средств в одном из элементов или узлов с целью удешевления эксплуатации сети целом или улучшения работы других элементов, звеньев сети.

В информационных сетях организация сетевого режима, а, следовательно, и сетевой технологии, способствует соблюдению следующих основных принципов:

Структура взаимосвязей между элементами сети – иерархическая, древовидная;

Технологические операции, выполняемые на вышестоящем уровне, не должны повторяться на низ лежащих уровнях.

Чем более дорогостоящая технологическая операция, тем на более высоком уровне она должна выполняться.

Реализация этих принципов осуществлена в АСНТИ.

АСНТИ построена по иерархической древовидной структуре.

На каждом уровне элементы информационной сети АСНТИ выполняют функции, облегчающие работу элементов на более низком иерархическом уровне. Если технологическая операция выполняется элементом более высокого уровня, то она отсутствует на всех узлах низ лежащих уровней. Так, наиболее дорогостоящая операция ввода информации в ЭВМ осуществляется только один раз на самом высоком уровне сети Центральным банкодержателем (ЦБД), наиболее трудоемкие процедуры автоматизированной обработки документов – конвертирование и автоматическое и автоматическое индексирование – осуществляется на следующем иерархическом уровне в кустовых Автоматизированных информационных центрах (АИЦ), поисковые процедуры – только в региональных базовых центрах и т.д.

Соблюдение указанных принципов упрощает так же процедуру коммуникации между республиканскими и всесоюзными информационными органами, удешевляет комплекс технических средств и эксплуатацию каналов связи. Архитектура сети АСНТИ предполагает для всех информационных органов любого уровня наличие только одной связи, то есть только одного комплекса приемно-передающей аппаратуры, одной технологической инструкции по эксплуатации аппаратуры, одной формы аренды канала связи, одного стыковочного протокола, одной формы трактовки обменного формата, одного адресата для выяснения обойных и конфликтных ситуаций, одной формы диалога и много других технологических и экономических достоинств, в том числе отсутствие необходимости в коммуникационном оборудовании для всех АИЦ, имеющих связь более чем с двумя ЦБД.

Сокращение числа технологических операций способствует унификации и типизации технологических процедур, облегчает формализацию и автоматизацию, что, в свою очередь, облегчает процесс управления на стадии организации Распределенного автоматизированного банка данных (РАБД), когда на древовидную иерархическую решетку информационной сети накладывается мультисвязная структура РАБД. Каждый просчет в конфигурации Сети передачи данных (СПД) может привести к огромной аппаратурной избыточности.

К сожалению, нельзя рекомендовать универсальную конфигурацию СПД, так как комплекс технических средств (КТС) определяется комбина-

циями многих факторов, однако, можно дать рекомендации, которые носят достаточно общий характер и могут способствовать уменьшению аппаратной избыточности:

- КТС СПД АСНТИ должен обладать свойством преемственности, то есть, на каждом последующем этапе организации режима теледоступа аппаратура должна наращиваться, а не полностью заменяться;

- при определении конфигурации СПД следует максимально использовать функциональные возможности аппаратуры вышестоящего уровня сети;

- следует избегать кустарных разработок, ориентироваться на стандартную аппаратуру и ее централизованное обслуживание.

Список литературы

[1] Горбунов А.К. Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратической ошибке воспроизведения. – Труды МГТУ МОСКВА, 2010. – С. 35-47

[2] Лысенко А.Л, Горбунов А.К, Горбунов Е.А. Вычисление энтропии с экстраполяцией гауссовского сообщения. – Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы МОСКВА, 2004. – С. 24-32

[3] Лысенко А.Л, Горбунов Е.А, Горбунов А.К. Энтропия и скорость создания сообщений без предвосхищения и с прогнозом. – Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы МОСКВА, 2004. – С. 18-19

[4] Горбунов А.К. Эпсилон-энтропия с задержкой при малой среднеквадратической оценке воспроизведения. – Труды МГТУ сборник статей. Сер. «Труды МГТУ/Московский гос. Технический университет им. Н. Э. Баумана» ред.кол.: А.В. Царьков (гл. ред.) и др. Москва, 2010. С. 35-37

Камзаракова Елизавета Руслановна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: e-kamzarakova@yandex.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

Чухраева Анастасия Игоревна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

А.Р. Крицкая, А.К. Горбунов, М.М. Лысенко

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПОТОКА ИНФОРМАЦИИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ПРОЦЕССУ ОБУЧЕНИЯ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Кинетические процессы обобщают случайные процессы и связаны с распределением Больцмана через константу скорости процессов [1-5].

Из этого следует уравнение кинетики случайных информационных событий

$$\frac{dA}{dt} = -K_3(A - A_p), \quad (1)$$

где K_3 – константа скорости случайных информационных событий; A – частота случайного информационного события; A_p – равновесный достоверный предел случайных информационных событий.

Из уравнения случайных событий (1) следует **аналогия энтропии информации и времени**, покажем это.

После интегрирования уравнения кинетики случайных информационных событий имеем

$$-K_3 \times t = \ln A_3, \quad (2)$$

где

$$A_3 = \frac{(A - A_p)}{(A_0 - A_p)}. \quad (3)$$

Аналогично для энтропии информации

$$S = K \times \ln A, \quad (4)$$

Сравнивая формулы (14) и (15) при условии $A_3=A$, получаем

$$-K_3 t = \frac{S}{K}, \quad (5)$$

Таким образом, из уравнений 2÷5 следует

- энтропия информации и время аналогичны;
- безразмерное время $K_3 t$ отрицательно по отношению к безразмерной энтропии информации S/K ;
- время и энтропия информации разнонаправлены.

В соответствии с концепцией информационных потоков [6-11] определим информационный поток J через волновую функцию B

$$J = -\frac{\hbar}{m} \cdot \text{grad}(B \nabla^2), \quad (16)$$

здесь: \hbar – квант информации; m – виртуальный заряд информации; $B \nabla^2$ – квадрат волновой функции (плотность вероятности нахождения информации в точке пространства).

Из уравнения следует, **что поток информации прямо пропорционален градиенту плотности информации.**

Переход режима передачи информации из естественного (природного) в «турбулентный» определяется качественным изменением структуры потока информации. **Преимущественный природный (естественный) потокинформации превращается в преимущественный природоподобный искусственный «турбулентный» поток информации.**

Хронометрические концентрационные напоры информации определяются их остаточными (равновесными) концентрациями знаний. Потoki информации при этом пропорциональны хронометрическим концентрационным напорам. Необходимо отметить, что пространственные концентрационные напоры определяются геометрическими параметрами, а хронометрические напоры следуют из временных параметров преобразования форм потоков информации.

Уравнение (1) описывает «турбулентный» режим передачи знаний при наличии преобразования потоков информации. **Таким образом, потоки информации включает два режима:**

- транспортную форму переноса информации без преобразования потоков информации;
- кинетическую форму переноса с преобразованием потока информации.

Как было отмечено ранее [2-7], переход режима из транспортной формы переноса в кинетическую форму определяется катастрофическим явлением. **При этом разрушение природоподобной субстанции в соответствии с уравнением (1) происходит в зоне максимальной концентрации информации.**

Выводы.

Приведенные теоретические разработки по исследованию информационных потоков. Дано определение понятию «турбулентного» режима передачи знаний.

Список литературы

[1] *Лысенко Л.В., Буланов А.В., Лысенко А.Л., Шишкин В.А.* Оценка кинетики энерготехнологических процессов. Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы. Сб. науч. тр. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2004. с. 46-49.

[2] *Лысенко Л.В., Горбунов А.К., Коржавый А.П., Шаталов В.К., Лысенко А.Л.* Некоторые подходы к разработке энергосберегающих технологий, основанных на транспортных формах переноса момента импульса. *Наукоемкие технологии*, 2013, Т.14. № 7, с. 20-25.

[3] *Лысенко Л.В.* Теоретические основы конструкторских оценок энерготехнологических процессов. Москва, Энергоатомиздат, 1997, 66 с.

[4] *Горбунов А.К., Коржавый А.П., Лысенко Л.В., Лысенко А.Л., Шаталов В.К.* Элементы теоретических основ природоподобных процессов. *Наукоемкие технологии*, 2015, № 6, с. 52-57.

[5] *Шаталов В.К., Лысенко Л.В.* Теория диффузионно-кинетической

модели при микродуговом оксидировании. *Коррозия: материалы, защита*, 2006, № 10. с. 40-42.

[6] *Лысенко Л.В., Шаталов В.К.* Параметры и безразмерные комплексы, обобщающие энерготехнологические процессы. Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы. Сб. науч. тр. Москва, Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000, с. 25-30.

[7] *Gnedenkova S.V., Gordienko P.S., Lysenko L.V., Sinebryukhov S.L., Khrisanova O.A., Skorobogatova T.M., Minaev A.N., Blinnikov O.V.* Effect coatings formed on titanium by microarc oxidation on the intensity of the anodic deposition process. *Физика и химия обработки материалов*, 1997, № 2, с. 65-69.

[8] *Крицкая А.Р.* Некоторые концептуальные основы самообразования обучающихся. *Вопросы философии*, 2013, № 5, с. 70-74.

[9] *Богомолова М.Р., Крицкая А.Р.* Психологическая безопасность образовательной среды и характер общения ее участников. *Научный альманах*, 2015, № 8(10), с. 1498-1502.

[10] *Крицкая А.Р.* Формирование готовности студентов среднего профессионального учебного заведения к самообразованию. Дис. на соискание ученой степени кандидата педагогических наук. Калуга, 2007, 230 с.

[11] *Крицкая А.Р., Белов Ю.С.* К вопросу о формировании остаточных знаний и педагогических измерительных материалов для их контроля в техническом университете. *Гуманитарный вестник*, 2015, вып. 10. URL: <http://hmbul.ru/catalog/edu/pedagog/303.html> (дата обращения 04.11.2016).

Крицкая Анна Рудольфовна – канд. пед. наук, доцент кафедры "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: anna_kritskaya69@list.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

Лысенко Мария Михайловна – преп. КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

Р.Р. Байманов, А.К. Горбунов

ЭНТРОПИЙНАЯ И СРЕДНЕКВАДРАТИЧНАЯ АДАПТАЦИЯ ЦИФРОВЫХ КОДЕКОВ ФОРМЫ СИГНАЛОВ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Эффективность функционирования информационно – измерительных систем (ИИС) во многом определяется искажениям, вносимыми в итоговые сигналы при их преобразовании в цифровую форму и обратного воспроизведении. Среди дискретно - квантовых (цифровых) представлений аналоговых сигналов:

- коэффициентами ортогонального ряда на основе полиномов Лежандра,
- выборками на основе полинома Лагранжа
- разностными представлениями (с опорными выборками и без них)
- дельта – представлений (с опорными выборками и без них) и т.д. представляет определенный интерес дельта – квантованное представление т.к. в ряде случаев позволяет получить довольно эффективную ИИС при передаче сигналов со спектром, аппроксимируемыми полиномами Баттерборта:

$$G_s(\omega) = \mu(k)/[1 + (\omega/\omega_0)^{2k}], k = 1,2,3.. \quad (1)$$

где $\mu(k) = \frac{4k}{\omega_0} \sin \frac{\pi}{2k}$ -параметр спектра, ω_0 - полоса сигнала по уровню 0,5.

Сигнал со спектром (1) дифференцируется (К-1) раз.

Энергетический спектр речевого сигнала может аппроксимироваться выражением (1) при К=1. В докладе представлены результаты исследования ДМ при передаче речевого сигнала. Получена статистика дельта - потока при квантовании сигнала с различной величиной шага квантования.

Дельта поток даже при оптимальном шаге квантования, обеспечивающим минимум мощности шума квантования, довольно сильные статистические связи:

- условные вероятности появления 1 и 0 после любой комбинации не равны.
- вероятности появления различных кодовых комбинаций дельта-потока одинаковой длины не равны.

Получены зависимости энтропии дельта – потока и мощности шума квантования от величины шага квантования. Оказалось, что они подвержены существенным изменениям при изменении шага квантования, что эквивалентно изменению мощности передаваемого сигнала при постоянном шаге. Исследования показали, что кодовой комбинацией любой длины m соответствует вполне определённая и неизбежная, при любом шаге квантования средняя величина ошибки квантования

$$E(z^m) = M(e/z_1, z_2, \dots, z_m), \quad (2)$$

где M – означает усреднение случайной величины e .

При передачи стационарного участка сигнала частота появления отдельных комбинаций $P(z^m)$ быстро сходится к постоянной величине. Время сходимости может составлять несколько миллисекунд, что сравнимо с интервалом корреляции. Для других же комбинации, например, П00, П000, время сходимости достигает десятки миллисекунд и намного превосходит интервал корреляции аналогового сигнала.

Часть величины $E(z^m)$ не превосходит величину шага квантования Δ , а часть превосходит. Так как все комбинации (z^m) различны, то все $E(z^m)$ можно разбить по этому признаку на две группы: вектор шума дробления и вектор шума перегрузки. Любой вектор на практике несложно выделить и следить за его поведением. Вероятности $P(z^m)$ также можно разбить на две группы.

Разделение комбинаций (z^m) и величина $P(z^m)$ и $E(z^m)$ на две группы и слежение за поведением величины $P(z^m)$ и $E(z^m)$ может быть положено в основу адаптации дельта – кодека при передачи сигнала с изменяющимися во времени параметрами. Адаптация при слежении за величиной $P(z^m)$ может быть названа энтропией, за величиной $E(z^m)$ – среднеквадратической. Среднеквадратическая сложнее в реализации.

С целью упрощения практической схемы можно ограничиться несколькими или даже двумя векторами $P(z^m)$ и $E(z^m)$ из всего ансамбля 2^m векторов. Однако при этом выбор следует остановить на таких комбинациях дельта – потока, для которых векторы P и E обладают свойствами:

- 1) Быстрой сходимости
- 2) Малым разбросом (дисперсией) по завершении сходимости
- 3) Высокой чувствительности к изменениям параметров входного аналогового сигнала.

Этот принцип адаптации применим также к кодекам ИКМ и ДИКМ.

Литература:

[1] *Хворостов В. И., Горбунов А.К., Хворостова Н.Н* Физико-технологические особенности применения имитирующих структур в газоразрядных лазерных датчиках Т.1: Теория и расчёты. Труды МГТУ им. Н.Э. Баумана. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012, № 10, 70 с.

[2] *Горбунов А.К.* Эпсилон – энтропия с задержкой при малой среднеквадратичной оценки воспроизведения Труды МГТУ им. Н.Э. Баумана. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010, 140 с.

Байманов Роман Русланович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: sufirt2@yandex.ru

Горбунов Александр Константинович – д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой "Физика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kf_bmstu_fiz@mail.ru

СЕКЦИЯ 16.

**ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И СИСТЕМЫ;
ЭЛЕМЕНТЫ И УСТРОЙСТВА
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ**

Д.В. Бурсин, Н.А. Борсук

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ QT ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

В рамках большинства учебных заведений используются специализированные программы по организации учебного процесса в рамках данного заведения. В КФ МГТУ имени Баумана используется программный комплекс «Электронный университет». Для управления университетом существует программный комплекс «Электронный университет». Он позволяет контролировать и управлять всем, что происходит в учебном заведении. Рассмотрим одну из его частей -отслеживание задолжников по сессии. В ядре данной части лежит база данных, в которой хранится вся необходимая информация. В базе данных есть следующие таблицы: факультеты - здесь содержится информация о факультетах, кафедры - содержится информация о кафедрах, группы – содержится информация об учебных группах, студенты – содержится информация о студентах, преподаватели – содержит информацию о преподавателях, оценки – содержит информацию о зачётах и экзаменах. Данная программа работает только на компьютерах, и в этом заключается её главный недостаток, поэтому далее рассмотрим требования и инструменты реализации подобного приложения для мобильных платформ. Приложение должно выводить и позволять изменять и искать необходимую информацию о задолжниках. Приложение будет реализовываться на C++ с использованием библиотек Qt. Приложение будет функционировать как на компьютерах под управлением Windows, Linux так и на мобильных устройствах, управляемых Android. Далее рассмотрим основные особенности библиотеки Qt, позволяющие выполнить поставленную задачу.

Библиотека Qt позволяет работать с различными базами данных, в том числе Oracle DB, MySQL, SQLite. Работы с разными базами данных отличается, разве что, подключением. Для работы с SQL в Qt необходимо подключить соответствующий модуль добавлением в файл проекта следующей строки: `QT += sql`. Кроме того, необходимо подключить заголовочный файл для работы с SQL: `# include <QtSql>`. Перед началом работы с базой необходимо активизировать соответствующий драйвер, это делается статическим методом `QSqlDatabase::addDatabase`, который принимает строку, определяющую тип базы (`QSQLITE/QMYSQL/...`). Полученный методом `QSqlDatabase::addDatabase()` экземпляр класса `QSqlDatabase`, используется для подключения к базе данных, при этом должно быть установлено имя базы методом `QSqlDatabase::setDatabaseName()`, а также, хост

QSqlDatabase::setHostName(). Подключение к базе данных осуществляется вызовом метода QSqlDatabase::open() [1].

Описанными выше средствами мы можем создать базу данных, передать ей запросы на создание таблиц, добавление и выборку данных, в принципе, этого достаточно для нормальной работы с БД. Результаты выборок удобно выводить в таблицу, мы можем сделать это руками, написав цикл с QSqlQuery::next(), однако в Qt есть более удобные, встроенные средства [2].

Для вывода данных таблицы на экран можно использовать класс QSqlTableModel, экземпляр которого необходимо связать с нашей таблицей базы данных методом QSqlTableModel::setTable. QTableView в связке с QSqlTableModel позволяет не только отображать данные базы данных, но и изменять их. Класс QSqlTableModel поддерживает несколько стратегий изменения, которые можно установить вызовом метода QSqlTableModel::setEditStrategy(). QTableView может отображать не только таблицы базы данных, но и результаты отдельных выборок, для этого применяется класс QSqlQueryModel. Запрос SELECT передаётся в метод QSqlQueryModel::setQuery, а затем, модель отображается на QTableView вызовом QTableView::setModel [3].

Таким образом, главным недостатком существующей системы является её привязка к настольному компьютеру. Поэтому мы рассмотрели основные инструментарию библиотеки Qt, которые понадобятся для написания мобильного приложения, позволяющего отслеживать задолжников.

Список литературы

[1] Qt и SQLite и вообще, программирование БД в Qt URL: <http://dyvoker.blogspot.ru/> (дата обращения 23.03.2017)

[2] QtDocs/ru URL: <http://wiki.qt.io/QtDocs/ruc.crossplatform.ru/qt/> (дата обращения 23.03.2017)

[3] Работа с базами данных в Qt URL: <https://habrahabr.ru/post/51650/> (дата обращения 23.03.2017)

Бурсин Дмитрий Витальевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: dimabursin@yandex.ru

Борсук Наталья Александровна – канд. техн. наук, доцент кафедры "Компьютерные системы и сети" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: borsuk.65@yandex.ru

М.И. Калупин, Н.А. Борсук

АНАЛИЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ БИБЛИОТЕКИ REACT JS С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ FIREBASE

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

В настоящее время интернетом пользуется огромное количество людей. Интернет – не просто источник информации, но и идеальное средство для работы и коммуникации.

С каждым годом веб приложения становятся все более востребованными – к ним возможен доступ из любой точки земли, и нет необходимости носить с собой свое устройство. Теперь все доступно online. Веб приложения имеют возможность синхронизации, что предоставляет им еще один огромный плюс [1].

Раньше в веб разработке существовала проблема хранения данных – нельзя было создать приложения, хранящие данные пользователя, без написания соответствующей backend части. Так же затруднительно было следить за каждым изменением элементов. Сейчас данные проблемы возможно решить путем использования специальные библиотек.

С каждым годом все тренды веб программирования обновляются, на место старым технологиям приходят новые. Сейчас наиболее актуальным является библиотека ReactJS. Она знаменита своими нетрадиционными решениями: реализацией виртуального DOM'a, созданием элементов интерфейса в JavaScript вместо шаблонов, использование языка JSX, который позволяет вставлять определенные HTML теги прямо в код JS.

Главным плюсом React является его скорость работы. Библиотека, при изменениях DOM-дерева, старается использовать минимально-возможные воздействия. Она использует "виртуальный DOM" для того, чтобы в реальный DOM за "один присест" добавить все изменения. А как известно, операции с DOM-деревом самые дорогостоящие, поэтому такой подход является огромным плюсом.

В ReactJS существуют функции, позволяющие напрямую взаимодействовать с DOM компонентами, и следить за их изменением. Это *componentDidMount* – вызывается по окончании первого успешного рендеринга компонента. К этому моменту DOM полностью сформирован и с ним можно работать. И *componentDidUpdate* – вызывается по окончании рендеринга, если свойства или состояние компонента изменилось.

Работа с библиотекой основана на создании собственных компонентов, которые можно использовать в любом месте программы – т.е. компонент может является независимым модулем [2].

Все это позволяете создавать приложения любой сложности, но возникает проблема – “где хранить все пользовательские данные?”. В современном мире веб разработки существует такая технология как firebase.

Firebase – это целая облачная платформа, имеющая множество сервисов, но основное направление – облачная real-time NoSQL БД, которая предоставляет API, позволяющее разработчикам хранить и синхронизировать данные между несколькими клиентами.

Firebase передает данных в формате JSON и все пользователи, которые подключены к Firebase получают обновления после каждого изменения БД. А учитывая возможность react перерисовывать компонент при изменении состояния – разработчику открываются широкие возможности.

Так же Firebase предоставляет технологию Simple Login – сервис, позволяющий аутентифицировать пользователей, используя код только на стороне клиента. Данный сервис поддерживает вход в такие системы как Facebook, GitHub, Twitter и Google.

Рассмотрим возможности, которые появляются у разработчика при совместном использовании React и firebase. Для этого было написано приложение для работы с заметками, которое показано на рисунке ниже. Первым плюсом является то, что благодаря firebase все данные о введенных заметках сохраняются в БД, которая не занимает место на ПК пользователя. Так же, учитывая то, что react следит за каждым изменением компонентов, каждое изменение данных у одного клиента сразу же отражается и у другого. Для примера можно провести эксперимент – открыть два браузера, и запустить приложение в каждом из них. При добавлении заметки в одном, она мгновенно появляется и в другом. Все это осуществляется благодаря комбинации firebase и React.

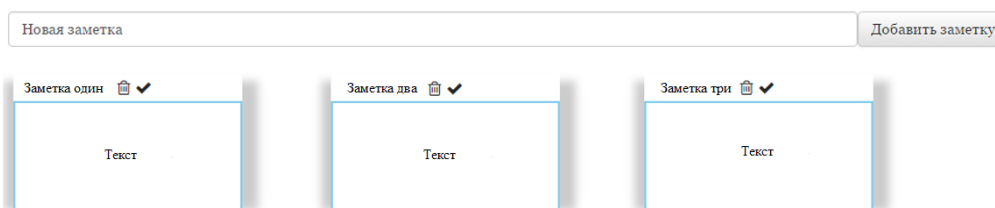


Рис. 1. Приложение для работы с заметками

Так же приложение поддерживает перемещение заметок по экрану, с последующей их синхронизацией. Для этого координаты каждой заметки помещаются в определённые поля в базе данных firebase. При каждой загрузке страницы происходит запрос к БД, которая дает ответ в формате json. Данные обрабатываются и применяются к компонентам React.

Таким образом, совместное использование react js и firebase в разы расширяет возможности программиста. Объединив эти две технологии вместе можно писать функциональные приложения, используя при этом небольшое количество строк кода.

Список литературы

- [1] Федосеев А. React.js Essential – М.: Packt Publishing, 2015. – 208 с.
- [2] Флэнаган Д. JavaScript. Подробное руководство – М.: Символ-Плюс, 2015. – 520 с.

Калупин Максим Игоревич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: maksim.kalupin@gmail.com

Борсук Наталья Александровна – канд. техн. наук, доцент кафедры "Компьютерные системы и сети" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: borsuk.65@yandex.ru

К.В. Шершневу, Н.А. Борсуку

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ "УМНЫЙ ДОМ"

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

В настоящее время в современные элитные дома внедряется многофункциональная система "Умный дом", основными особенностями которой являются: контроль над освещением, климат контроль, видеонаблюдение. Система сложна с технической точки зрения. Развитием системы занимались десятки лет, начиная с 80-ых годов двадцатого века.

Задача разобраться со всеми подсистемами "Умного дома" с инженерной точки зрения сложна технически и в силу больших временных затрат. Была поставлена задача рассмотрения более надежных и современных подсистем "Умного дома" и выбор ПО. Более подробно рассмотрит подсистему контроля над освещением.

Способ, которым управляется освещение "Умного дома", с технической точки зрения, сложнее, чем классический, однако для пользователя он оказывается проще. Вся сложная логика работы закладывается на стадии проектирования, а управление выводится на удобную панель с единым интерфейсом. Причем речь здесь идет не только о включении и выключении осветительных приборов. Важными элементами, принимающими участие в придании управлению освещением интеллектуальных свойств, являются:

- датчики движения/присутствия, контактные сенсоры, включающие или выключающие свет дома в определенный момент.
- диммеры, плавно изменяющие яркость.
- моторизированные шторы, жалюзи, рольставни, электрокарнизы, посредством которых будет регулироваться баланс между естественным и искусственным светом.
- осветительные приборы, которые могут быть как обычными, так и самостоятельно умными.
- системное оборудование, в том числе управляющие панели и логические модули, связанные воедино особой электропроводкой.

Не только во взаимодействии друг с другом, но также с остальными инженерными подсистемами, это оборудование, как часть "Умного дома", позволяет достичь потрясающего комфорта наряду с экономным использованием электроэнергии.

Кроме освещения, система "Умный дом" может поддерживать и «климатические» параметры на заданном уровне: температуру, влажность, приток свежего воздуха. Более подробно рассмотрим модуль климат – контроля. Программирование тепловых процессов в доме значительно снижает затраты на отопление, а комплексное управление исключает рабо-

ту нескольких обогревательных устройств в один момент. Климат-контроль - наиболее значимая и ответственная система “Умного дома”. Для управления климатом требуется серьезное техническое обеспечение - система приточно-вытяжной вентиляции, кондиционеры, электрические регуляторы подачи теплоносителя в радиаторы отопления, увлажнители, привода для окон и форточек, воздушные фильтры, ионизаторы. Для обеспечения корректировки параметров работы системы применяются различные датчики, которые фиксируют текущие показатели микроклимата в помещениях дома, а также средства для управления в виде переключателей и панелей. При их использовании система способна управлять качеством воздуха в соответствии со временем года и суток, режимом проветривания с использованием автоматической системы открывания окон, изменять режим работы радиаторов отопления и теплых полов, автоматически поддерживать температуру и влажность в специальных помещениях, а также в случае аварии останавливать систему отопления [1].

Таким образом, система климат-контроля “Умного дома” позволяет создать здоровый и комфортный микроклимат для уютного проживания в доме.

Данные подсистемы “Умного дома” не имеют сложностей подключением через смс или интернет. Поэтому основными критериями для подбора подсистем становятся: цена, надежность работы, дизайн, простота настройки. Существует несколько брендов интеллектуальных систем “Умного дома”: C-bus, Lonworks, Smart – bus. Для поставленной задачи был использован бренд Lonworks, так как он соответствовал нескольким критериям: соотношение цена качество, надежность и простота использования [2].

Сейчас “Умный дом” – одно из передовых достижений в технике. Для того чтобы спрогнозировать направление развития технологии, выше были проанализировали некоторые возможности данной технологии. Концепция “Умного дома” интересна и перспективна. Самое главное – то, что главной целью таковой автоматизации дома является комфорт. Исходя из этого, следует сделать вывод, что “Умный дом” – это самая комфортная совокупность управления офисом и домом на сегодня.

Список литературы

[1] Система климат – контроля 11.6.15. URL: <http://www.spbenergo.com/tehnosmarthouse-climate-control.html> (дата обращения: 22.03.2017)

[2]. Сравнение систем “Умный дом” 25.2.14. URL: <http://www.ree.dd-d.ru/technology/sravn/> (дата обращения: 23.03.2017)

Шершнев Кирилл Вячеславович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kir.sher99@gmail.com

Борсук Наталья Александровна – канд. техн. наук, доцент кафедры "Компьютерные системы и сети" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: borsuk.65@yandex.ru

В.А. Прохоров, Н.А. Борсук

ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ JAVASCRIPT-ФРЕЙМВОРКА ANGULARJS ДЛЯ РАЗРАБОТКИ WEB-СТРАНИЦ И ПРИЛОЖЕНИЙ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Фреймворки, которые реализуют паттерн MVC (MVVM, MVP и т.д.) активно вытесняют распространенные библиотеки. Фреймворки привносят новую культуру разработки и альтернативные взгляды на устоявшиеся вещи. Достаточно часто встают вопросы о применении паттернов, успешно зарекомендовавших себя в мире большего программирования.

На данный момент написание одностраничных приложений с использованием JavaScript вызывает ряд сложностей на стадиях тестирования и разработки приложений, т.к. язык разметки HTML имеет ряд ограничений, не позволяющих полностью реализовать динамическое обновление отдельных элементов на одностраничном приложении без обновления всей страницы. Как правило, для этого приходится писать громоздкий JavaScript код для отдельных элементов. В результате этого затрудняется процесс анализа, поддержки и тестирования кода. Фреймворк AngularJS создан, чтобы устранить данные проблемы [1].

Фреймворк AngularJS имеет ряд ключевых особенностей:

Наличие директив. Одним из ключевых нововведений стало введение директив в AngularJS. Данные директивы помогают разработчику описать отдельные элементы посредством расширения языка разметки HTML. Изначально фреймворк AngularJS содержит только базовый набор директив. Разработчики оставили возможность комьюнити дорабатывать фреймворк собственными директивами. Участники комьюнити выкладывают свои наработки компонентов в открытый доступ. Проверенные и популярные директивы как правило используются в других проектах. Директивы способствуют проработке логики приложения и позволяют работать более продуктивно. Повторное использование компонентов улучшит понимание и читабельность кода.

Двустороннее связывание данных. Посредством введения в HTML код своих собственных директив разработчики не только расширили язык разметки, но и обеспечили для динамических элементов двустороннюю привязку данных. В соответствии с шаблоном MVC модель и представление автоматически синхронизируются. В результате любые изменения, внесённые пользователем в интерфейс, мгновенно изменяют объекты приложения и наоборот. Фреймворк реагирует на браузерные события, которые вносит пользователь на странице, через обновление необходимых шаблонов и моделей. Ссылки в объектной модели документа на элементы явно не фигурируют в коде, что позволяет минимизировать объем кода.

Благодаря изменениям MVC модели, фреймворк сводит низкоуровневые конструкции кода к минимуму [2].

Модульность и тестирование. В фреймворке AngularJS реализовано отделение логики приложения от объектной модели элемента, что улучшило тестируемость кода. При помощи модулей AngularJS пользователь может формировать приложения. Количество модулей в приложении неограниченно. Каждый модуль встраивается в HTML-страницу и взаимодействует с фреймворком AngularJS. Модули могут быть как независимыми, так и взаимно связанными. Один и тот же модуль можно использовать в разных частях приложения: осуществлять авторизацию через социальную сеть можно как на входе в страницу, так и при дальнейших переходах. Благодаря внедрению зависимостей и добавлению вспомогательных объектов, AngularJS самостоятельно осуществляет привязку объектов друг к другу [3].

Среди недостатков фреймворка AngularJS можно выделить:

Несовместимость с предыдущей версией. Разработчики Angular 2 сменили основной язык на TypeScript и отказались от поддержки старой версии фреймворка, написанной на JavaScript.

Ограничение на количество вотчеров. Было замечено замедление фреймворка AngularJS при использовании более 1500 слушателей событий. Замедление происходит по причине последовательного изменения каждого из вотчеров в элементе [4].

Вывод: в результате анализа AngularJS были выявлены несколько основных достоинств и недостатков фреймворка. Основной проблемой, возникающей при написании приложений, является несовместимость со старой версией фреймворка. Однако несмотря на недостатки фреймворка он остается популярнейшим средством для написания одностраничных веб-приложений с разделением данных и представления в соответствии со схемой MVC.

Список литературы

[1] *Павел Козловский, Питер Бэкон Дарвин.* Разработка веб-приложений с использованием AngularJS. Издательство «ДМК Пресс» -2014, 394 с.

[2] *А.В.Тымчук.* 10 преимуществ использования фреймворка Angular.js при разработке веб-приложений. URL: <https://stfalcon.com/ru/blog/post/why-use-angularjs-for-webapps> (дата обращения 13.03.2017).

[3] *Майкл С. Миковски, Джош К. Пауэлл.* Разработка одностраничных веб-приложений. Издательство «ДМК Пресс» - 2014,512 с.

[4] *Николас Закас.* JavaScript. Оптимизация производительности. Издательство «Символ-Плюс» - 2012, 256 с.

Прохоров Владимир Александрович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: vovchik14021997@yandex.ru

Борсук Наталья Александровна – канд. техн. наук, доцент кафедры "Компьютерные системы и сети" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: borsuk.65@yandex.ru

Д.И. Нарулева, Р.В. Зайцев, И.В. Чухраев, А.М. Донецков

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК ПРИ ВЫБОРЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Экспертные оценки часто используются при выборе: элементной базы, среды программирования, языка программирования, технического устройств, архитектуры микропроцессора и так далее.

Методы экспертных оценок являются частью обширной области теории принятия решений, а само экспертное оценивание – процедура получения оценки проблемы на основе мнения специалистов (экспертов) с целью последующего принятия решения (выбора) [2].

При проектировании различных устройств достаточно часто необходимо обосновать выбор микроконтроллера, удовлетворяющего требованиям технического задания по основным параметрам.

Возможны различные варианты реализации такого выбора одним, из которых и является метод экспертных оценок.

Имеется несколько вариантов этого метода:

- 1) Метод ранжирования;
- 2) Метод приписывания баллов;
- 3) Метод весовых коэффициентов;
- 4) Метод Делфи;
- 5) Метод средних арифметических рангов;
- 6) Метод медиан рангов;

Каждый из приведенных методов имеет свои преимущества и недостатки, обуславливающие их применение в определенных, конкретных случаях.

Исходя из особенностей, что эксперт указывает каждому показателю критерия соответствующий весовой коэффициент (коэффициент значимости) по всем решениям, сумма коэффициентов должна быть равна целому числу. Например, для шести признаков решения устанавливаются коэффициенты 0,2, 0,1, 0,3, 0,2, 0,1, 0,1 – в сумме это составляет 1, для наиболее важного признака решения устанавливают предельный коэффициент, все остальные коэффициенты равны долям этого числа[3].

Учитывая специфику задачи выбора микроконтроллера заключающуюся: во множестве различных параметров, не всегда сравнимых в различных типах микроконтроллера, а также сложностью принятия решения одним человеком, по сколько это мнение будет субъективным, то был выбран метод весовых коэффициентов для выбора микроконтроллера.

Для выбора микроконтроллера важны следующие параметры: тактовая частота, объем флеш-памяти, объем ОЗУ, объем программируемой

ПЗУ (ППЗУ), количество линий ввода/вывода и цена. Эти параметры перечислены в порядке понижения их важности для разработки.

Каждому параметру в зависимости от степени его важности назначим вес b_i . При этом будем иметь в виду, что большему численному значению весового коэффициента b_i , соответствует большая важность параметра, а сумма всех весовых коэффициентов не должна превышать единицы:

$$\sum_{i=1}^n b_i = 1 \quad (1)$$

Тактовая частота $b_1=0.2$;
 объем флеш - памяти $b_2=0.15$;
 объем ППЗУ $b_3=0.2$;
 количество линий ввода/вывода $b_5=0.25$;
 цена $b_6=0.2$.

Далее для каждого из сравниваемых микроконтроллеров по выбранным параметрам рассчитаем относительный показатель P_{ij} (для случая, когда лучшему качеству параметра соответствует большее его числовое значение):

$$P_{ij} = \frac{a_{ij}}{a_{iэ}} \quad (2)$$

В формуле 2: a_{ij} - численное значение i -го параметра j -го микроконтроллера, $a_{iэ}$ - численное значение того же параметра эталонного микроконтроллера,

$i = 1, 2, 3, \dots, n$ - сравниваемый параметр,

$j = 1, 2, \dots, 4$ - текущий номер сравниваемого микроконтроллера.

В качестве эталона можно использовать гипотетический микроконтроллер, обладающий лучшим для каждого параметра численным значением для всех сравниваемых микроконтроллеров.

На основании вычисленных, относительных показателей P_{ij} и принятых, в зависимости от функциональных особенностей разработки значений весовых коэффициентов b_i для каждого из сравниваемых микроконтроллеров, определим параметр качества этого микроконтроллера Q_j . Конечный результат представлен в таблице 1.

$$Q_i = \sqrt{\sum_{i=1}^n [(1 - P_{ij})(1 - b_i)]^2} \quad (3)$$

Микроконтроллер, обладающий меньшим числовым значением параметра качества, является оптимальным для данных условий применения.

В таблице 1 представлены четыре микроконтроллера, критерии выбора, а значения в таблице выступают экспертами, так как они взяты из технической литературы. В первой строке таблицы представлен наилучший микроконтроллер №0, значения которого являются эталонными. Значения данной микросхемы будут сравниваться с другими микросхемами, для выявления оптимальной схемы удовлетворяющей заданным критериям[1].

Таблица №1 – Результаты расчетов

| МК | Тактовая частота, МГц | P_{1j} | Объем флеш-памяти, Кбайт | P_{2j} | Объем ПЗУ, Кбайт | P_{3j} | Количество линий ввода/вывода | P_{4j} | Цена, руб | P_{5j} | Q_j | Место |
|-------|-----------------------|----------|--------------------------|----------|------------------|----------|-------------------------------|----------|-----------|----------|-------|-------|
| №0 | 16 | 1 | 128 | 1 | 4 | 1 | 53 | 1 | 8000 | 1 | - | - |
| №1 | 8 | 0.5 | 128 | 1 | 4 | 1 | 53 | 1 | 5300 | 0.66 | 0.67 | 1 |
| №2 | 16 | 1 | 128 | 1 | 4 | 1 | 53 | 1 | 800 | 0.1 | 0.72 | 2 |
| №3 | 8 | 0.5 | 8 | 0.0625 | 0.512 | 0.128 | 32 | 0.6 | 5000 | 0.625 | 2.49 | 4 |
| №4 | 16 | 1 | 8 | 0.0625 | 1 | 0.25 | 32 | 0.6 | 250 | 0.031 | 2.47 | 3 |
| b_i | 0.2 | | 0.15 | | 0.2 | | 0.25 | | 0.2 | | | |

Таким образом, выше были проанализированы методы экспертных оценок. Был выбран метод весовых коэффициентов для выявления подходящего микроконтроллера, удовлетворяющий заданным критериям. Как видно из таблицы, такой микросхемой является микроконтроллер №1.

Список литературы

[1] Баранов В.Н. Применение микроконтроллеров AVR: схемы, алгоритмы, программы. – М.: Додэка-XXI, 2006г. – 784с.

[2] Орлов А.И. Экспертные оценки: учебник ч.2 – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2011. – 486 с.

[3] Семенов С.С. Оценка качеств и технического уровня сложных систем. Практика применения метода экспертных оценок. – М.: Ленанд, 2015г. – 352с.

Нарулева Дарья Игоревна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: Naruleva.Dasha@mail.ru

Зайцев Руслан Валерьевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: gngar@yandex.ru

Чухраев Игорь Владимирович – канд. техн. наук, заведующий кафедрой "Компьютерные системы и сети" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: igor.chukhraev@mail.ru

Донецков Анатолий Михайлович – канд. техн. наук, доцент кафедры "Компьютерные системы и сети" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: dam@kaluga.ru

М.И. Калупин, Е.С. Смоляр, А.М. Донецков

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕТЕЙ ПЕТРИ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЛАНА ЭВАКУАЦИИ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

В настоящее время сети Петри применяются, в основном, в моделировании. Во многих областях исследований явление изучается не непосредственно, а косвенно, через модель.

Также, сети Петри используются для моделирования асинхронных систем. Их анализ позволяет получить информацию о структуре и динамическом поведении моделируемой системы.

Построение сетей Петри заключается в следующем [1]:

- моделируемые процессы описываются множеством событий и условий, определяющих возможность наступления этих событий, а также причинно-следственными отношениями.
- определяются события-действия, последовательность выполнения которых управляется состояниями системы.
- условия, в зависимости от значений их количественных характеристик, могут выполняться или нет. Выполнение условий обеспечивает возможность реализации событий.
- несмотря на то, что сеть Петри – это описательная модель, она позволяет производить некоторые расчёты. На их основе можно производить анализ свойств моделируемой системы. К задачам исследования свойств сетей относятся:
 - задача достижения сети;
 - задача определения безопасности сети;
 - задача определения ограниченности сети;
 - задача определения свойства сохраняемости;
 - задача определения активности сети.

Достоинством сетей Петри является то, что с их помощью можно промоделировать практически все.

Приведем пример, на котором изображены план эвакуации из помещений и соответствующая ему потоковая сеть. Нотация сетей Петри предполагает использование диаграмм, состоящих из двух типов объектов: события (множество мест) и условия (переходы). В графическом представлении сетей переходы изображаются «барьерами», а места кружочками. Стрелками отображаются их непосредственные зависимости. Внутри кружочка могут быть отображены фишки или цифры, показывающие количество фишек. Помещения обозначены буквой P_i . А

переходы через двери – буквой P_{ii} . Под фишками в нашем представлении мы будем понимать людей в помещении (Рис.1).

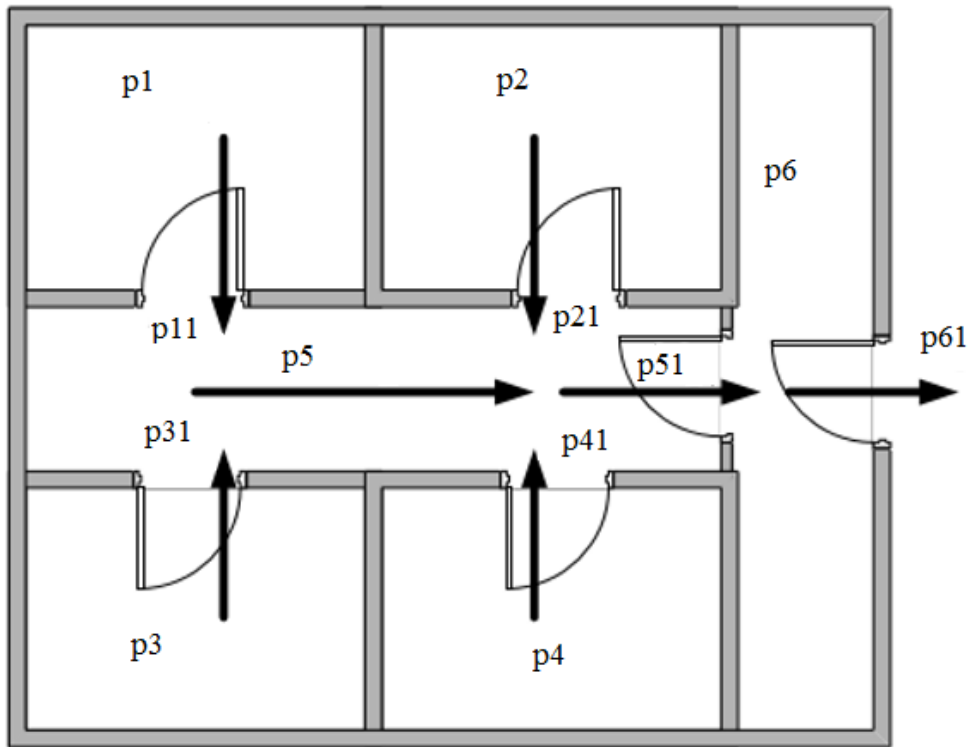


Рис. 1. План эвакуации из здания

Требуемая сеть Петри показана на рисунке 2:

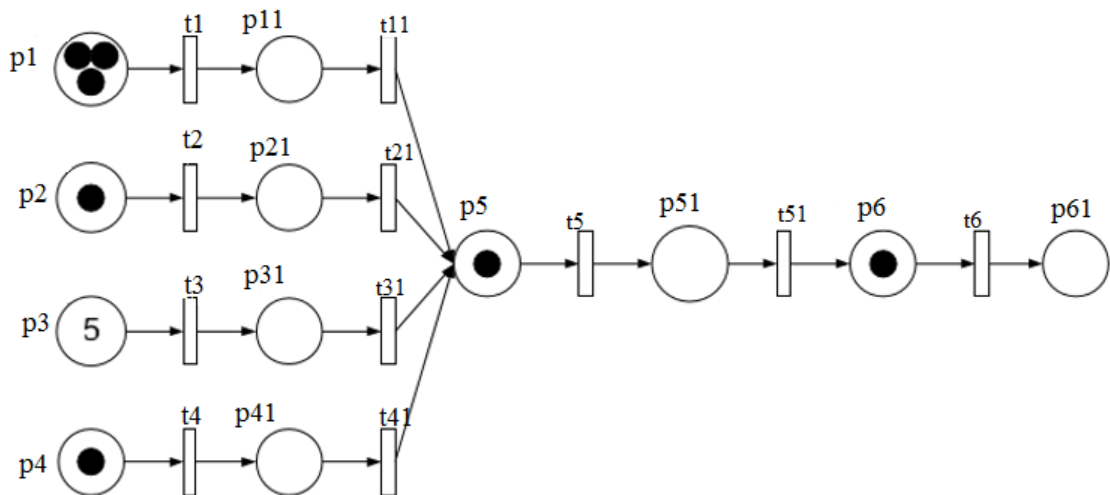


Рис. 2. Сеть петри на основе плана эвакуации

Фактор наличия людей в помещении может носить как вероятностный, так и нечеткий характер. Одно из обобщений сетей Петри связано с реализацией в них дополнительных свойств, которые позволяют описывать в них неопределенность поведения систем в процессе их

функционирования. Здесь могут быть предложены два подхода: описание неопределенности срабатывания переходов, находящихся в состоянии конфликта; описание неопределенности количества фишек в позициях [2].

Первый подход для решения поставленных задач не является актуальным, а второй является весьма значимым. Количество фишек во всех позициях сети определяют глобальное состояние системы. Неопределенность наличия фишек может быть описана как с вероятностных позиций, так и с позиций теории нечетких множеств [2].

На основе анализа сетей Петри можно сделать вывод, что человек сможет эвакуироваться из здания.

Несомненным достоинством сетей Петри является математическое описание модели. Это позволяет проводить их анализ с помощью современной вычислительной техники.

Преимущества использования сетей Петри в моделировании:

- большие выразительные способности в представлении параллельных асинхронных систем;
- способность представления локального управления, параллельных, конфликтных, недетерминированных и асинхронных событий;
- графическое представление сети;
- понятность модели и легкость ее изучения;
- возможность иерархического моделирования на их основе;
- возможность описания системы на различных уровнях абстракции;
- возможность представления системной иерархии;

Таким образом сети Петри являются незаменимым инструментом при моделировании.

Список литературы

[1] *Котов В.Е.* Сети Петри. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1984. – 160 с.

[2] *Лескин А.А.* Сети Петри в моделировании и управлении / А.А. Лескин, П.А. Мальцев, А.М. Спиридонов. – Л.: Наука, 1989. – 133 с.

Калупин Максим Игоревич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: Naruleva.Dasha@mail.ru

Смоляр Екатерина Сергеевна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: gngar@yandex.ru

Донецков Анатолий Михайлович – канд. техн. наук, доцент кафедры "Компьютерные системы и сети" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: dam@kaluga.ru

В.И. Ильичев, И.В. Чухраев, Н.А. Борсук

ИССЛЕДОВАНИЕ И СРАВНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ФРЕЙМВОРКОВ КРОССПЛАТФОРМЕННОЙ МОБИЛЬНОЙ РАЗРАБОТКИ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Как правило, выход любого бизнеса в интернет протекает по следующему сценарию: сначала компания запускает сайт, затем его адаптируют под мобильные устройства, и, если наблюдается прирост трафика, появляется смысл закрепиться среди владельцев мобильных гаджетов, и компания выпускает приложение.

Вне зависимости от того, на чем построен бизнес – на продажах, предоставлении услуг или просветительской деятельности, сегодня невозможно не учитывать время, которое люди проводят перед экранами мобильных устройств.

Существует несколько подходов к разработке приложений – нативный и кроссплатформенный.

Если разработчики в процессе написания приложения пользуются принятым для конкретной платформы языком программирования, будь то Objective-C и Swift для iOS или Java для Android, такое приложение будет называться нативным (от англ. native – родной, естественный).

Кроссплатформенные приложения можно описать как мобильный сайт.

Зачастую они создаются на языке разметки и стилей (HTML, CSS и JavaScript), как и мобильные сайты. Также кроссплатформенная разработка возможна на таких технологиях, как Xamarin, Unity и прочих. Эти технологии полагаются на использование нативных библиотек с использованием языков C и C++. Поэтому приложения, написанные, например, с использованием Xamarin, оказываются быстрее, чем те же, но написанные на HTML и JavaScript.

Существует несколько критериев при выборе средств разработки. Наиболее важными являются: [1]

1. Нативность. Так как возможности операционных систем постоянно расширяются, важным показателем фреймворка является то, насколько полно он использует ресурсы операционной системы.
2. Производительность. Безусловными лидерами по данному критерию являются нативные средства и фреймворки Xamarin и Unity.
3. Скорость разработки. У кроссплатформенных решений увеличением сложности приложения скорость разработки резко падает по сравнению с нативными решениями.

Appcelerator Titanium. Несмотря на то, что Titanium [2] предоставляет для разработки язык JavaScript, он не использует для контроля над приложениями веб-браузер, а весь пользовательский интерфейс является нативным. Построение приложения состоит из трех концептуальных шагов:

1. Прекомпиляция. Роль прекомпилятора Titanium заключается в оптимизации JavaScript кода: сокращение количества пробелов, размера символов и т. д. и создание иерархии зависимостей всех API функций, используемых в проекте

2. Front-end компиляция. Ее роль заключается в генерации соответствующего платформе нативного кода и, если это необходимо, создании нативного проекта и построении специфичного кода, необходимого компилятору данной платформы.

3. Компиляция платформой и упаковка. Каждая из платформ имеет набор соответствующих инструментов (например, Xcode для iOS) для окончательной компиляции приложения. После компиляции приложения упаковывается либо для запуска на эмуляторе, либо для тестирования на устройстве, либо для распространения.

Кроме того, немаловажным является тот факт, что Titanium позволяет расширять имеющиеся возможности, написанием сторонних модулей на языках Objective-C и C для iOS и на языке Java для Android. В частности, это значит, что если какой-то класс не портирован в Titanium API из iOS SDK, то у разработчика есть возможность сделать это самому, если, конечно, он владеет языком Objective-C.

Так как данный фреймворк использует для написания приложений JavaScript, то большинство нативных функций платформы будет недоступна. Поэтому Appcelerator Titanium подходит для написания небольших приложений.

PhoneGap. В отличие от Titanium – PhoneGap не использует нативные элементы интерфейса, а вместо этого создает webView, внутри которого располагается обычная HTML-разметка – это означает, что на всех платформах приложение, написанное с помощью PhoneGap, будет выглядеть практически одинаково, что в подавляющем большинстве случаев, конечно же, больше минус, чем плюс. Тем не менее, PhoneGap – это не просто веб-приложение, упакованное для распространения в различных маркетах. У разработчика есть доступ к большинству возможностей девайса, таким как камера, акселерометр, файловая система и т. д.

Подобно Titanium, у PhoneGap-разработчиков есть возможность расширять возможности фреймворка. Здесь это называется плагинами, которые пишутся на нативном языке для каждой платформы. Т. е. теоретически можно и в PhoneGap-приложении добиться нативного интерфейса, написав плагин для этих целей, правда работать будет он уже не кроссплатформенно и затраченные на это усилия, вряд ли, будут оправданы с коммерческой точки зрения.

Xamarin. Xamarin – это фреймворк для кроссплатформенной разработки мобильных приложений (iOS, Android, Windows Phone) с использованием языка C#. [3] При этом есть полный доступ ко всем возможностям SDK платформы и родному механизму создания UI, получая на выходе приложение, которое, строго говоря, ничем не отличается от нативных и не уступает им в производительности, что нельзя сказать о приложениях, написанных с помощью PhoneGap и Appcelerator Titanium.

Фреймворк состоит из нескольких основных частей:

- Xamarin.iOS – библиотека классов для C#, предоставляющая разработчику доступ к iOS SDK;
- Xamarin.Android – библиотека классов для C#, предоставляющая разработчику доступ к Android SDK;
- Компиляторы для iOS и Android;
- IDE Xamarin Studio;
- Плагин для Visual Studio.

С точки зрения исполнения приложений между iOS и Android есть одно ключевое различие – способ их предварительной компиляции. Как известно, для выполнения приложений в Android используется виртуальная Java-машина Dalvik. Нативные приложения, которые пишутся на Java, компилируются в некий промежуточный байт-код, который интерпретируется Dalvik`ом в команды процессора в момент исполнения программы (т.е. аналогично тому, как работает CLR в .NET). Это так называемая Just-in-time компиляция (компиляция на лету). В iOS используется другая модель компиляции – Ahead-of-Time (компиляция перед исполнением). Xamarin учитывает это различие, предоставляя отдельные компиляторы для каждой из этих платформ, которые позволяют на выходе получать настоящие, нативные приложения, которые выполняются вне контекста браузера и могут использовать все аппаратные и программные ресурсы платформы, что является огромным плюсом.

Для iOS ситуация простая – никакой виртуальной машины нет и программный код должен быть просто заранее скомпилирован в машинный. Для этой цели используется АОТ компилятор Mono.

При компиляции приложения под Android происходит перевод кода на C# в промежуточный байт-код, понятный виртуальной машине Mono и сама эта виртуальная машина также добавляется в упакованное приложение. И Mono и Dalvik написаны на Си и работают поверх ядра Linux (а мы помним, что Android основана на Linux). При запуске приложения на Android обе виртуальные машины начинают работать бок о бок и обмениваются данными через специальный механизм wrapper`ов.

Использование кроссплатформенных средств мобильной разработки помогает компаниям тратить меньшие ресурсы на разработку приложений. Выбор фреймворка зависит от поставленной задачи, но предпочтительным на данное время является Xamarin. В приложениях, где используется ак-

тивное взаимодействие с аппаратными ресурсами телефона, использование кроссплатформенных средств может быть затруднительно, в таких случаях применяют другие технологии.

Для написания конкретного приложения для премиум клиентов банка под платформы iOS и Android, наиболее подходящим все же будет фреймворк Xamarin.

Список литературы

[1] Кроссплатформенные фреймворки vs. native-инструменты. Что выбрать для разработки мобильных приложений? / Корпоративный блог Центра Высоких Технологий. URL: <http://blog.htc-cs.ru/post/nativevsframeworks> (дата обращения: 21.03.2017).

[2] 12 лучших фреймворков для разработки приложений под Android / Хабрахабр. URL: <https://habr.ru/p/265261/> (дата обращения: 21.03.2017).

[3] Кроссплатформенная разработка / AppTractor. URL: <http://apptractor.ru/develop/cross-platform-development> (дата обращения: 21.03.2017).

Ильичев Владимир Игоревич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: vlilichev96@gmail.com

Борсук Наталья Александровна – канд. техн. наук, доцент кафедры "Компьютерные системы и сети" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: borsuk.65@yandex.ru

Чухраев Игорь Владимирович – канд. техн. наук, заведующий кафедрой "Компьютерные системы и сети" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: igor.chukhraev@mail.ru

А.В. Кузьминский, Н.А. Борсук

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ЗАДАЧ, РЕШАЕМЫХ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ИНТЕРПРЕТАТОРОВ И ЯЗЫКОВЫХ ВИРТУАЛЬНЫХ МАШИН

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

На сегодняшний день всё ещё не потеряла своей актуальности проблема проектирования платформ для реализации программ, ориентированных на безопасную работу с памятью. В частности, в связи с постоянно увеличивающейся сложностью современного ПО, особенно остро ощущается недостаток одновременно простых в использовании и, в то же время, безопасных языков программирования.

Наиболее актуальным, из последних, в настоящий момент является разработанный компанией Mozilla язык программирования Rust, занявший нишу С-подобных языков, нацеленных на потоко-безопасное взаимодействие с памятью. Однако, в силу того, что Rust является системным, компилируемым языком программирования, его реализация слишком сложна для начинающих, а некоторые синтаксические и семантические конструкции представляются достаточно трудными для восприятия.

Если принять за точку старта – платформу для реализации – интерпретатор, то задача проектирования безопасного языка для него сводится к решению следующих вопросов:

Выбор архитектуры виртуальной машины (далее – VM) в основе интерпретатора. Здесь стоит отметить, что наличие VM как отдельного модуля, в целом, не обязательно; однако, концепция модульности позволит сделать систему легко модифицируемой и расширяемой.

Касательно архитектуры памяти, в целом можно выделить 3 типа виртуальных машин [1]:

- Регистровые VM – вся внутренняя информация (значения переменных, ячейки с промежуточными данными для вычислений и проч.) хранится в ограниченном или бесконечном количестве виртуальных регистров. Данная архитектура отличается тем, что виртуальные регистры – это память с произвольным доступом.
- Стековые VM – промежуточные данные хранятся в одном или нескольких программных стеках. Следовательно, такая организация памяти не позволяет работать с данными в произвольном порядке и требует наличия специальных инструкций по взаимодействию со стеком.
- Смешанные VM – используют возможности как виртуальных регистров (обычно, для хранения значений переменных), так и стековой памяти (для передачи параметров между подпрограммами). Подра-

зумеает наличие инструкций как по работе со стеком, так и с регистрами, но сложность реализации сполна оправдывается приростом в производительности за счёт фактического сокращения кода исполняемых программ.

Выбор типа механизма исполнения кода. Если следовать концепции модульности, представляется логичным преобразование кода специальным модулем (транслятором) в некий псевдокод (например, байткод), который представляет более простую для исполнения форму кода. За счёт этого общее быстроедействие программы увеличивается, поскольку все направленные на пользователя допущения и упрощения раскрываются в элементарные составляющие, выполнить которые ВМ значительно проще.

Если говорить о типе псевдокода, выделяют 2 основные группы [2]:

- Двухадресный код – все инструкции имеют 2 операнда; данный тип организации кода, возможно, имеет преимущества для ВМ со стековой памятью, однако, слишком перегружает регистровые ВМ. Причиной этому служит необходимость использования промежуточных переменных для хранения данных (например, фиксированных регистров).
- Трёхадресный код – наиболее часто используется для регистровых ВМ, а также ВМ смешанного типа. Существенно сокращает объёмы кода, поскольку упрощает работу с промежуточными данными. Простейший пример – выполнение операции сложения, которое в данном случае легко уместить в одну инструкцию кода:

```
ADD A, B, C
```

Приведённая выше инструкция может быть интерпретирована так: «Сложить операнды B и C, результат положить в переменную A».

Система типов. Любой современный высокоуровневый язык программирования является типизированным: статически или динамически. Существуют также другие условные деления систем типов данных, например, по строгости и силе.

Для динамически типизированных языков важным является тонкая настройка системы типов. Важно, чтобы динамическая типизация не создавала лишних проблем в виде неявного преобразования типов там, где это не нужно; кроме того, преобразования следует свести к минимуму: они должны быть только там, где очевидно необходимы и при этом *не задевать* вычислительное время в заметном объёме.

Подобные принципы позволяют абстрагироваться от конкретного синтаксиса реализуемого языка и сконцентрироваться на реализации архитектуры виртуальной машины исключительно в рамках исполняемого ей кода.

Безопасный доступ к данным возможно реализовать с помощью непрямого доступа к данным (использование указателей со счётчиками ссы-

лок), а также с соблюдением трёх правил владения данными, реализованных в Rust [3]:

1. На любой объект может существовать сколько угодно неизменяемых ссылок (указателей);
2. Если существует хотя бы одна неизменяемая ссылка, изменяемых ссылок на объект быть не должно (справедливо и обратное);
3. Может существовать только одна изменяемая ссылка на объект.

Соблюдение этих правил позволяет создать устойчивую и безопасную систему доступа к данным, пусть даже с некоторым ущербом в плане производительности ВМ (для компилируемых языков разницы в производительности нет за счёт применения систем оптимизации кода). Конкретная реализация может потребовать некоторых экспериментальных данных для того, чтобы определить, как сделать передачу прав владения синтаксически наименее болезненной для пользователя.

Таким образом, в рамках данной статьи были рассмотрены основные принципы реализации языковых виртуальных машин, а также выдвинуты предположения о возможных современных дополнениях в общую концепцию строения интерпретаторов, которые [дополнения] могут оказать существенное влияние на вектор дальнейшего развития интерпретируемых языков программирования в сторону безопасности многопоточного доступа к данным.

Список литературы

[1] Два мира виртуальных машин / Блок компании Intel / Хабрахабр. URL: <https://habrahabr.ru/company/intel/blog/254793/> (дата обращения: 19.03.2017).

[2] Генерация кода. URL: <http://masters.donntu.org/2006/fvti/svyezhenstsev/library/article2.htm> (дата обращения: 19.03.2017).

[3] Ссылки и заимствование – Язык программирования Rust. URL: https://kgv.gitbooks.io/rust_book_ru/content/src/references-and-borrowing.html (дата обращения: 18.03.2017).

Кузьминский Алексей Владимирович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: alexqzminsky@gmail.com

Борсук Наталья Александровна – канд. техн. наук, доцент кафедры "Компьютерные системы и сети" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: borsuk.65@yandex.ru

А.Д. Минина, Н.А. Борсук

КОНТЕКСТНАЯ РЕКЛАМА ДЛЯ ТЕМАТИЧЕСКОГО WEB-РЕСУРСА

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

В условиях жесткой конкуренции организациям, тем более не самым раскрученным, сложно удержаться на плаву. Так, туристическая фирма «Бригантина» является одной из специализированных фирм в городе Калуге. Конкурируют с турфирмой около ста организаций. Для привлечения клиентуры необходимо использовать современные технологии. Целью фирмы на данный момент является качественная раскрутка и привлечение максимального количества клиентов.

Для решения проблемы расширения клиентуры появляется необходимость изучения способов продвижения. Актуальными на данный момент являются интернет-инструменты. К таким инструментам можно отнести: сайт, группы в социальных сетях и реклама на просторах интернета. Вышеупомянутая турфирма имеет группы в социальных сетях и собственный сайт. Но, как показала практика, сайт не приносит ожидаемых результатов. Решением этой проблемы является использование интернет-рекламы. Рассмотрим самые эффективные способы продвижения.

Контекстно-медийная реклама. При использовании данного вида рекламы потенциальный клиент, благодаря введенному в поисковую строку запросу, сразу видит объявление рекламодателя. Этот способ эффективен для привлечения клиентов в максимально короткий промежуток времени.

Социальные сети. Стоит отметить, что здесь не подразумевается создание группы или аккаунта с тематикой фирмы. Речь идет о трех видах рекламы в социальных сетях:

- Спамная реклама – низкокачественный способ, основанный на рассылке спамных сообщений. Этот способ часто карается администраторами и занимает предельно много времени.
- Таргетированная реклама – близка к контекстной рекламе. Разница заключается лишь в том, что загруженная реклама транслируется только в социальной сети, в которую она была загружена. К преимуществам можно отнести показ объявления только целевой аудитории.
- Реклама в группах – при рекламировании своей фирмы в других группах социальной сети существует много нюансов. Одним из таких является подбор группы, содержащей достаточно большое количество участников. Данный способ во многих случаях, особенно при продаже товаров и услуг, не имеет смысла, так как выгоднее

создавать собственную группу с тематическим оформлением и подробными комментариями.

Стоит отметить, что собственную группу также необходимо рекламировать и поддерживать в активном состоянии. Недостатком создания группы является привлечение только пользователей, использующих социальные сети. Поэтому продвижение собственного сайта имеет больший охват пользователей сети интернет.

Поисковое продвижение. Данный тип распространения рекламы требует больших временных и финансовых затрат, но в тоже время гарантирует хороший результат в будущем. Его также подразделяют на три категории:

- Ссылочное продвижение – состоит из покупки ссылок на других ресурсах. Такие ресурсы ссылаются на сайт и, таким образом, привлекают новых клиентов. Но использование этого способа ограничивается возможным наложением санкций на сайт.
- Статейное продвижение – отличается от ссылочной тем, что на стороннем ресурсе размещается целая статья, оформленная для вставки в нее ссылки. Имеет чуть больший вес, чем ссылочное продвижение, но и обходится дороже.
- Черное продвижение – основан на обмане поисковых систем. К такому виду можно отнести использование сайтов-сателлитов – создание нескольких сайтов одного владельца, имеющие одинаковую или схожую тематику. Целью создания является выход во все ТОП позиции поисковика и, тем самым, продвижение основного сайта. Этот, и некоторые другие способы черного продвижения отслеживаются жестко наказываются поисковыми системами.

Обозначив наиболее эффективные методы раскрутки сайта можно подвести итог. Турфирмы актуальны всегда, но главным сезоном считается период май-сентябрь. Это обосновано теплым периодом во многих странах и расписанием каникул и отпусков. Прирост клиентов выгодно обеспечивать, начиная с марта. Поэтому важным параметром является привлечение потенциальных покупателей в короткие сроки. «Бригантина» является уполномоченным агентством «Музенидис трэвел», поэтому черный пиар недопустим. Социальные сети не подходят из-за меньшего числа пользователей, по сравнению с интернетом в целом. Исходя из вышесказанного, выбор стоит остановить на использовании контекстно-медийной рекламы.

Газетные, радио- и телерекламы уходят на второй план, в то время как реклама в интернете все больше набирает популярность. Причиной этому служит глобализация интернета – ежегодно в стране появляется почти 6 миллионов новых пользователей¹. С ростом количества пользователей интернета растет и количество таких контентов, как: социальные сети, ин-

¹ По данным сайта Yandex.ru на 2014 год

тернет-магазины, интернет-игры, сайты новостных, спортивных, кулинарных, а также других тематик. Благодаря контекстной рекламе все это можно использовать для привлечения аудитории в свой бизнес.

В книге [1] под понятием «контекстная реклама» подразумевается реклама, связанная с текстом. При этом, авторы выделяют два вида такой рекламы:

- Если реклама связана с текстом поискового запроса и показывается на страницах результатов поиска в ответ на запросы пользователей – это поисковая реклама.
- Если реклама связана с текстом страницы, на которой она размещена, - это контекстно-зависимая (тематическая) реклама. Контекстно-зависимая реклама показывается на веб-страницах, которые пользователи просматривают в Интернете.

Исходя из этих понятий, перед формированием собственной контекстной рекламы необходимо проанализировать оба варианта и выбрать наиболее подходящий, так как между этими видами существует значительная разница.

Поисковая реклама. Поисковая реклама представляет собой ответ на поисковый запрос пользователя. Поэтому ее эффективность зависит от точности введенного запроса. Принцип действия поисковой рекламы основан на подборе большого количества ключевых слов и фраз, которые реагируют на текст, введенный в поисковой строке. В дополнение к ссылке на сайт представляется возможность добавить другие данные – номер телефона, специальное предложение и другой текст. Пользователь, заметив такую ссылку, видит нужную для себя информацию и переходит на страницу сайта. Ключевым моментом здесь является правильная планировка сайта, которая позволит потенциальному клиенту как можно быстрее и удобнее увидеть всю необходимую информацию и сделать заказ.

Контекстно-зависимая реклама. Такой вид рекламы основан на тематике поиска пользователя. Главными средствами в данном случае выступают контекстный таргетинг, поведенческие технологии и ремаркетинг. Контекстный таргетинг считывает информацию на сайте, которую просматривает пользователь, и выдает релевантные рекламные объявления. Поведенческие технологии основаны на поведении пользователя в интернете – истории поиска, файлы cookie. Ремаркетинг - система, анализирующая просмотренные или добавленные в корзину товары и предлагает соответствующие предложения.

Для эффективной рекламы немаловажным является определение цели рекламы. В работе [2] автор выделяет 4 цели:

- Продажи (стимулирование спроса);
- Трафик (привлечение максимального количества посетителей);
- Брендинг (имиджевая реклама);
- Комбинации из трех вышеперечисленных целей.

Рассматривая самые популярные рекламные контенты, такие как Яндекс.Директ, GoogleAdWords и Бегун, можно отметить, что они удовлетворяют современным тенденциям и имеют продвинутый интерфейс для настройки контекстной рекламы под свою тематику. Однако, каждый из этих сервисов является конкурентом двум другим и стремится к первой позиции в сравнении. Именно поэтому, помимо сервиса рекламы, они предлагают сервисы оценки эффективности, статистику, размещение на сайтах-партнерах, возможность охвата мультинациональной аудитории, поддержку на смартфонах и др. Привлекательным в этих сервисах является автоматизация некоторых действий. Например, можно написать свою программу, которая будет использовать API контекстной системы. Еще одним примером автоматизации могут послужить специальные сервисы, созданные для размещения рекламы сразу в нескольких поисковых системах. Так, сервис eLama позволяет не только загружать рекламу сразу на Яндекс.Директ, GoogleAdWords и Бегуна, но и управлять ставками.

Современные тенденции буквально заставляют предпринимателей даже небольших фирм создавать сайты. Но просто сайт не будет иметь никакой пользы, если о нем не будут знать заинтересованные клиенты. Именно для этого и существует контекстная реклама, позволяющая предпринимателям искать свою аудиторию. А клиентам, в свою очередь, находить интересующие товары и услуги. При этом вся работа над рекламой сводится к подбору наиболее точных ключевых фраз или слов, составлению привлекательного объявления.

Список литературы

[1] *Бабаев А.Б., Евдокимов Н.В., Иванов А.А.* Контекстная реклама. – СПб: Питер, 2011 – 304 с.

[2] *Смирнов В.В.* Прибыльная контекстная реклама. Быстрый способ привлечения клиентов с помощью Яндекс.Директа. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2013. – 192 с.

Минина Александра Дмитриевна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: alex16071607@gmail.com

Борсук Наталья Александровна – канд. техн. наук, доцент кафедры "Компьютерные системы и сети" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: borsuk.65@yandex.ru

А.Д. Минаева, А.М. Донецков

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛИКВИДАЦИИ ПОЖАРА СЛУЖБАМИ ЭКСТРЕННОЙ ПОМОЩИ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

В критических ситуациях необходимо быстро принимать решения. При поступившем на пульт звонке диспетчера должны незамедлительно определить:

- вид происшествия и масштаб;
- какие посты быстрого реагирования задействовать;
- сколько и какие единицы техники требуются;
- местонахождение гидранта или другого объекта с водой для дополнительного забора воды.

Учитывая человеческий фактор, всегда имеют место быть ошибки и промедления со стороны сотрудника. Решить проблему человеческого фактора поможет моделирование ситуации с помощью сети Петри.

По определению Джеймса Питерсона, сети Петри – это инструмент исследования систем. Теория сетей Петри делает возможным моделирование системы математическим представлением ее в виде сети Петри. Автор также предполагает, что анализ сетей Петри поможет получить важную информацию о структуре и динамическом поведении моделируемой системы [2].

Для более четкого представления того, как именно сети Петри помогут уменьшить влияние человеческого фактора на принятие решения, приведем пример.

Из-за неисправности проводки возникает пожар. Поступает сигнал на пульт МЧС. Диспетчер высылает пожарное подразделение. По прибытии пожарного подразделения выясняется, что дом электрифицирован и в нем находится человек. Сообщают на пульт о необходимости вызова службы электроснабжения, газовой службы, а также скорой помощи. Приступают к тушению пожара и спасению человека. На место прибывают службы жизнеобеспечения. Электрики отключают электроэнергию, газовая служба перекрывает газ (если он предусмотрен в доме). Так как запас воды в цистерне закончился, необходим дополнительный источник водоснабжения. Автоцистерны устанавливают на пожарный гидрант, прокладывают магистральную линию и продолжают тушить пожар. Пожарные локализируют пожар и выносят пострадавшего. Бригада скорой помощи оказывает пострадавшему первую медицинскую помощь, и передают данные о спасенной жизни.

Эту ситуацию можно смоделировать при помощи сети Петри. Для этого в ней необходимо выделить события и условия.

События - абстрагированные компоненты системы и их действия. Событие может произойти один раз, повториться многократно, порождая конкрет-

ные действия, или не произойти ни разу. Взаимодействие событий описывается условиями реализации событий. Определенные сочетания условий разрешают реализоваться некоторому событию (предусловные события), а реализация события изменяет некоторые условия (постусловные события) [1].

В таблице 1 приведены выделенные из текста события и условия.

Таблица 1. События и условия

| События | | Условия | |
|-----------|---|-----------|---|
| t1 | Возникновение пожара | p1 | Причина пожара: неисправность электропроводки |
| t2 | Отправление и прибытие пожарных машин | p2 | Причина пожара: тление непогашенной сигареты |
| t3 | Сообщение о необходимости вызова других служб | p3 | Регистрация вызова |
| t4 | Отключение электроэнергии и газа | p4 | Выяснение подробностей |
| t5 | Тушение пожара | p5 | Прибытие служб жизнеобеспечения |
| t6 | Необходимость дозаправки | p6 | Разрешение на дальнейшие действия |
| t7 | Ликвидация пожара | p7 | Оценка обстановки |
| | | p8 | Магистраль от ближайшего гидранта |
| | | p9 | Спасение жизни |

На рисунке 1 показана сеть Петри, обозначающая условия и события согласно анализируемой ситуации.

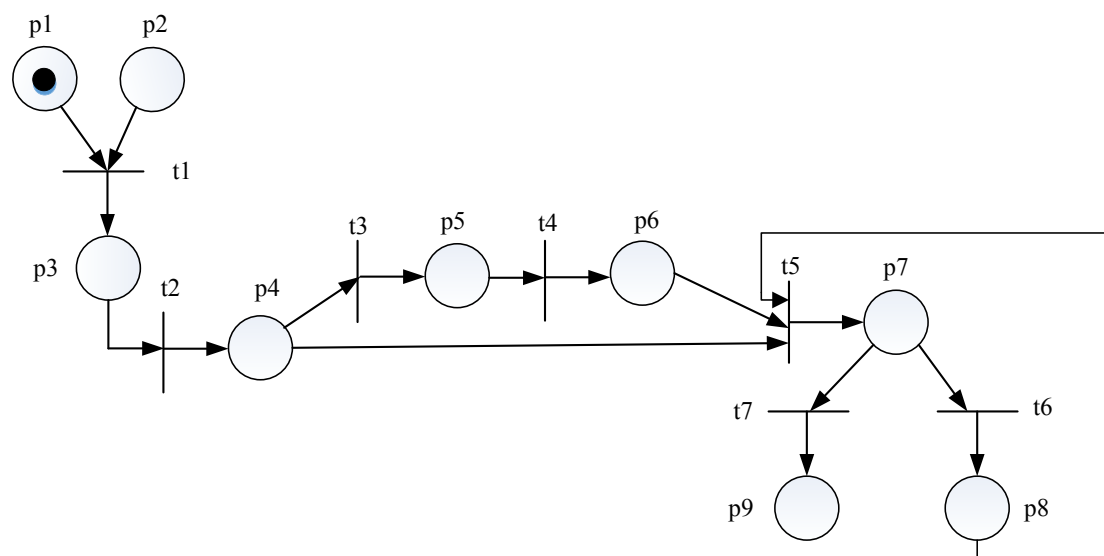


Рис. 1. Моделирование ликвидации пожара сетью Петри

В таблице 2 показаны последовательности событий, объединенные условиями и условиями.

Таблица 2. События с условиями и условиями

| Условие | Событие | Условие |
|--------------|---------|---------|
| $p1, p2$ | $t1$ | $p3$ |
| $p3$ | $t2$ | $p4$ |
| $p4$ | $t3$ | $p5$ |
| $p5$ | $t4$ | $p6$ |
| $p4, p6, p8$ | $t5$ | $p7$ |
| $p7$ | $t6$ | $p8$ |
| $p7$ | $t7$ | $p9$ |

Промоделировав ситуацию сетью Петри, можно увидеть, что маркировка $\mu = \{p9\}$ достижима, следовательно, спасение жизни будет успешным.

Так как любую чрезвычайную ситуацию можно промоделировать сетью Петри, то на ее основе можно создать информационную систему. Такая система позволит лучше понять и оценить процесс ликвидации чрезвычайной ситуации в данном конкретном случае и выработать предложения по ее совершенствованию.

Список литературы

[1] Котов В.Е. Сети Петри. – М: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1984 – 160 с.

[2] Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем: Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 264 с.

Минина Александра Дмитриевна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: alex16071607@gmail.com

Донецков Анатолий Михайлович – канд. техн. наук, доцент кафедры "Компьютерные системы и сети" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: dam@kaluga.ru

Н.К. Погорелов, Н.А. Борсук, И.В. Чухраев

ПЛИС. ПОНЯТИЕ, РАЗНОВИДНОСТИ, ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Целью исследования предмета данной статьи является применение ПЛИС для реализации умножителя знаковых чисел в рамках выполнения курсовой работы по схемотехнике. Данная проблема является актуальной, так как умножение – одна из самых распространённых операций в любых цифровых устройствах.

Программируемая логическая интегральная схема (ПЛИС) – электронный компонент, используемый для реализации цифровых интегральных схем. Отличием ПЛИС от обычных микросхем является отсутствие жёстко установленной при производстве логики работы. разработчик сам может задавать и определять структуру такой схемы и впоследствии осуществлять её коррекцию. Для описания логической структуры программируемых интегральных схем используются специализированные языки описания аппаратуры (HDL, Hardware Description Language) [1].

Существует два основных типа описания функциональности логического модуля – поведенческий и структурный:

- поведенческая модели описывает, что модуль делает, не конкретизируя схемотехническую реализацию данного поведения модуля; разработчик, находящийся на данном уровне проектирования, описывает алгоритм действий, осуществляемых схемой, не указывая, как именно и на каких элементах он будет выполняться. Тем не менее, разработчик должен представлять себе логику работы аппаратной части, чтобы разработать такой алгоритм, который принципиально реализует «в железе»;
- Структурная модель описывает, что как именно построен модуль из простых логических элементов, с применением принципа иерархии; на этом уровне разработчик проектирует конкретные модули, описывает их входы, выходы, логику работы, и проектируем взаимодействие между отдельными модулями [2].

Хотя ПЛИС и микроконтроллеры или микропроцессоры могут решать одни задачи, следует тем не менее их различать. ПЛИС изначально не содержит конкретной логической структуры, разработчик определяет её сам. Микропроцессоры и микроконтроллеры же представляют собой набор уже построенных относительно универсальных функциональных компонентов, работа которых управляется на программном уровне.

Одно из основных достоинств ПЛИС – высокая скорость и гибкость логической структуры, позволяющая приспособить такую схему к кон-

кретной задаче. Недостаток же – отсутствие универсальности, присущей микропроцессору. Микропроцессор способен выполнить любую задачу в пределах своих функциональных возможностей, ПЛИС же, раз запрограммированные, решают лишь конкретную задачу [2].

В общем случае, процесс проектирования логических интегральных схем включает в себя следующие этапы:

1. Описание проекта на уровне алгоритма. Выполняется поведенческое описание, не привязываясь к какому-либо железу.
2. Моделирование работы поведенческого описания алгоритма. Выполняется для проверки корректности работы алгоритма.
3. Переработка поведенческой модели в синтезируемую и синтез схемы. Наличие этого этапа связано с тем, что не все конструкции языка возможно реализовать в железе. На этом этапе определённые конструкции языка преобразуются в соответствующие им элементы цифровой микроэлектроники (дешифраторы, мультиплексоры, регистры и т. д.)
4. Моделирование синтезированной модели. На данном этапе возможно оценить временные задержки в разрабатываемом устройстве, а также количество базовых логических элементов, необходимых для реализации схемы.
5. Размещение и трассировка на кристалле синтезированной схемы. На этом этапе необходимо привязать выводы синтезируемого устройства к выводам ПЛИС, синтезируемая модель виртуально размещается на кристалле на базе имеющихся в составе ПЛИС элементов цифровой электроники и происходит организация внутренних связей.
6. Моделирование работы размещённой на кристалле схемы, с учётом реальных задержек в элементах ПЛИС и задержек на линиях передачи.
7. Прошивка в ПЛИС синтезированной схемы.

По принципу формирования требуемой структуры разрабатываемого цифрового устройства все основные современные ПЛИС подразделяются на две группы.

К первой относятся устройства, в которых требуемая структура устройства создается программированием связей коммутирующих матриц с использованием технологий перепрограммируемых постоянных запоминающих устройств, в том числе и с электрическим стиранием. Такие устройства называются многократно программируемыми ПЛИС или EPPLD (EPROM technology based complex Programmable Logic Devices) или CPLD (Complex Programmable Logic Devices). Особенность этих устройств заключается в том, что сформированная структура является энергонезависимой, то есть, сохраняется при выключении питания, а для изменения

структуры необходимо выполнить операции стирания (очистки) EPROM и программирования (записи) новой структуры [1].

В устройствах второй группы требуемые связи коммутирующих матриц обеспечиваются логическими ключами, которые управляются битовой последовательностью, записываемой во внутреннее статическое ОЗУ при конфигурировании ПЛИС, поэтому устройства этого класса получили название многократно реконфигурируемых или FPGA (Field Programmable Gate Array). Особенностью устройств этого класса является то, что требуемая структура целевого устройства должна восстанавливаться (записываться во внутреннее статическое ОЗУ) после каждого включения питания, что требует принятия дополнительных мер по сохранению и восстановлению требуемой конфигурации. Такая особенность, на первый взгляд, может показаться недостатком ПЛИС FPGA. На самом деле она является их важным достоинством, так как позволяет создавать адаптивные системы с динамически изменяющейся во времени структурой, то есть в разные моменты времени использовать один и тот же кристалл для реализации различных цифровых устройств, которые наилучшим образом соответствуют изменяющимся во времени внешним условиям [1].

К наиболее распространённым областям применения ПЛИС относятся устройства с большим количеством портов ввода-вывода, устройства, выполняющие цифровую обработку сигналов, цифровая видеоаппаратура, системы высокоскоростной передачи данных, криптографические и шифровальные устройства и многие другие.

При выполнении курсовой работы ПЛИС будет использована в качестве базы для построения умножителя комбинационного типа, что позволит вместо использования множества отдельных микросхем собрать умножитель на одном кристалле логической интегральной схемы, что существенно упростит выполнение работы.

Список литературы

[1] Соловьев В.В. Основы языка проектирования цифровой аппаратуры Verilog. – М.: Горячая линия – Телеком, 2014. – 208 с.

[2] Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. Том 2. - М.: Мир, 1993. – 371 с.

Погорелов Николай Константинович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: pogorelov-nk@yandex.ru

Борсук Наталья Александровна – канд. техн. наук, доцент кафедры "Компьютерные системы и сети" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: borsuk.65@yandex.ru

Чухраев Игорь Владимирович – канд. техн. наук, заведующий кафедрой "Компьютерные системы и сети" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: igor.chukhraev@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ ДЕНДРИТНЫХ ДЕРЕВЬЕВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НЕЙРОЭЛЕМЕНТОВ В СПАЙКОВЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЯХ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Спайковые нейронные сети состоят из N_E возбуждающих и N_I тормозящих нейронов. Выходной сигнал каждого нейрона формируется из суммы импульсных воздействий соседних нейронов сети (возбуждающих и тормозящих). Когда сумма воздействий превысит порог Θ , нейрон генерирует импульс. После спайка выходной сигнал нейрона сбрасывается в фиксированное значение и наступает рефракторный период. Все нейроны связываются между собой через систему искусственных синапсов, осуществляющих передачу спайков между нейронами. Изначально сеть находится в состоянии, которое позволяет нейронам проявлять не связанную спонтанную активность, за счёт организации в базовую топологию [1]. Под действием процедуры обучения изменяется топология соединения синапсов и задержки распространения импульсов. Одна из стратегий конфигурирования сети заключается в объединении синапсов в сложные древоподобные структуры.

Искусственное дендритное дерево состоит из структур, составленных из резисторов и конденсаторов, имитирующих дендриты естественных нейронов [2]. Основным преимуществом является то, что выходным сигналом можно управлять путем коммутации элементов к тормозящим (V_{inhib}) и возбуждающим (V_{exc}) входам. Это дает возможность вырабатывать аналоговый сигнал с помощью цифровых коммутационных сигналов. Задача управления активностью спайкового нейрона представляется как оптимизационная задача, которая сводится к настройке системы искусственных дендритов (рис.1).

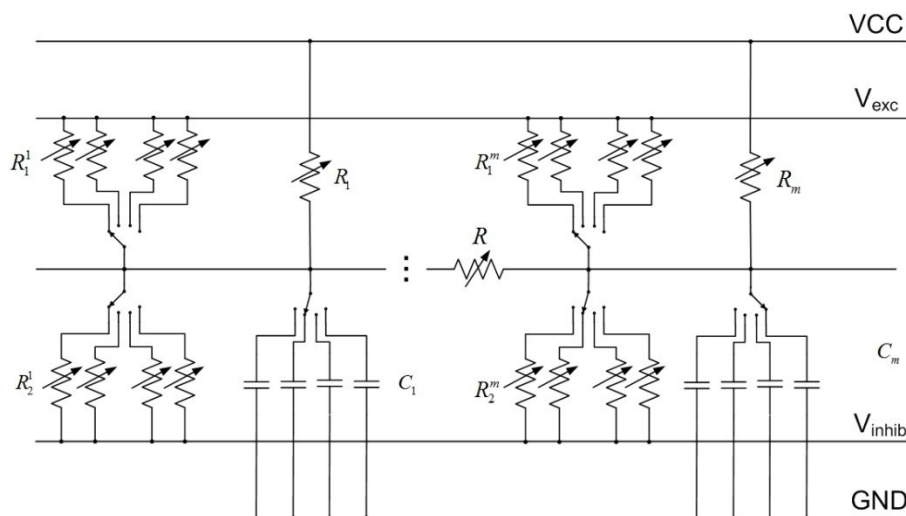


Рис. 1. Схема искусственного дендрита

Состояние системы дендритов фиксируется в определенном положении. Из исходной конфигурации делается шаг в случайном направлении, если значение ошибки системы уменьшилось, то решение принимается. В противном случае происходит возврат к исходному состоянию, и процедура поиска продолжается с пробы в другом направлении [3]. Выбранный метод нахождения оптимального решения требует генерации возможных направлений поиска. Для производства множества случайных чисел, необходимых для работы алгоритма, применялся составной матричный конгруэнтный генератор в совокупности с генератором Хилла [4], объединяющим три линейных конгруэнтных генератора и производящим следующую последовательность:

$$u_i = \left(\frac{x_i}{12960} + \frac{y_i}{29282} + \frac{z_i}{120050} \right) \bmod 1, \text{ где } x_i = ((1741 \cdot x_{i-1} + 2731) \bmod 12960), \quad (1)$$

$$y_i = ((1255 \cdot y_{i-1} + 6173) \bmod 29282), \quad z_i = ((2311 \cdot z_{i-1} + 25367) \bmod 120050).$$

Две последовательности объединяются путем применения метода перетасовывания, заключающегося в использовании первой последовательности для перетасовывания членов второй, разрывая возможные зависимости [4]. Преимуществом такого подхода является простота реализации, а также то, что получаемые последовательности характеризуются хорошими случайными свойствами. Конфигурация генератора случайных чисел реализует возможность параллельного производства множества последовательностей. Данная особенность позволяет проводить поиск оптимальной конфигурации дендритного дерева с максимальной эффективностью.

На рис. 2 показаны результаты функционирования спайковой сети, состоящей из $N_E = 750$ возбуждающих и $N_I = 150$ тормозящих нейронов. Вероятность соединения нейронов равна 0,25. На рис. 2 показаны образцы четырех мембранных потенциалов для возбуждающих нейронов (*a-d*). Нейроны *b*, *c*, *d* – беспорядочно активизируются, в то время как нейрон *a* – большую часть времени не проявляет активности. На рис. 2 (*e*) показана активность тормозящего нейрона, подобная динамике возбуждающих нейроэлементов. На рис. 3. показан спайковый растр для 130 возбуждающих и 30 тормозящих нейронов. Генерация импульса каждым нейроном определяется активностью нейронных элементов, соединенных с ним [5]. Сеть строится на основе следующих принципов: каждый нейрон воспринимает большое число спайков и производит их интегрирование; моменты времени генерации импульса являются независимыми как для возбуждающих, так и для тормозящих нейронов; небольшое изменение мембранного потенциала во время прихода спайка по сравнению с пороговым значением. Соединения нейронов могут быть осуществлены четырьмя различными способами, в зависимости от типа пресинаптического и постсинаптического нейрона. Организация связей между нейронами перед процедурой обучения нейронной сети осуществляется случайно, но при этом каждый нейрон воспринимает эквивалентное количество сигналов, поступающих как от возбуждающих, так и от тормозящих нейронов.

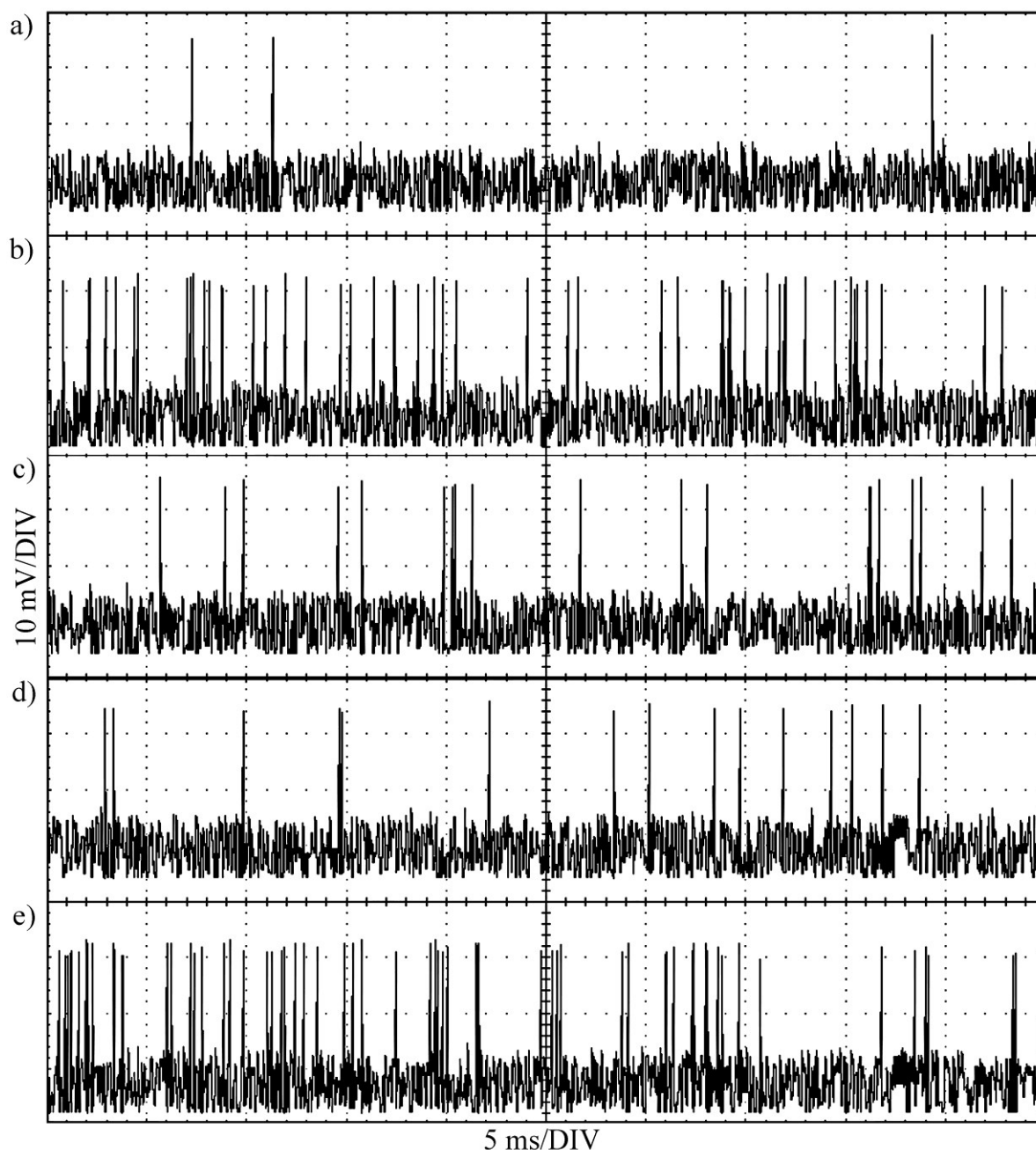


Рис. 2. Изменение мембранного потенциала во времени для четырёх возбуждающих нейронов (*a - d*) и одного тормозящего (*e*)

Оценка эффективности спроектированной спайковой сети осуществляется путем фиксирования динамики отдельных нейронов (рис. 2), позволяющей оценить время между генерациями спайка, а также измерить период рефрактерности [6]. Оценка глобальной активности показывает количество спайков, произведенных нейронами обоих типов за заданный период времени (рис. 3). Вычисление взаимной корреляции между нейронными модулями делает возможным детально оценить сеть на основе возникающих коллективных состояний, появляющихся при спонтанной активности нейронов в сети.

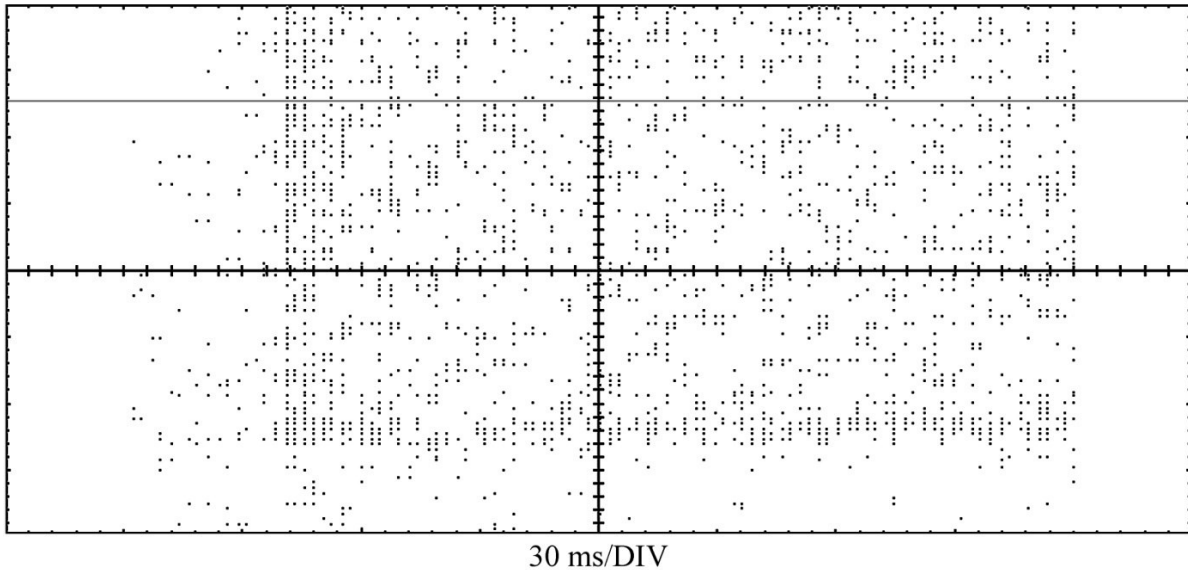


Рис. 3. Спайковый растр нейронной сети (активность тормозящих нейронов показана выше линии)

Искусственные дендритные деревья позволяют выполнить сложную симуляцию распространения и распределения спайков по нейронной сети. Предложенная реализация искусственных дендритов способна эффективно перестраивать синаптические связи в процессе настройки и адаптации сети к внешним стимулам. В результате, осуществляется построение однородной нейронной сети без применения трудоёмких методов изменения синаптических матриц.

Список литературы

- [1] Тархов Д.А. Принципы и техника нейросетевого моделирования. – СПб.: Нестор-История, 2014. – 218 с.
- [2] Graupe Daniel. Principles of Artificial Neural Networks (Advanced Series in Circuits and Systems), 2nd Edition, World Scientific Pub Co Inc, 2007. 238 p.
- [3] Карпенко А.П. Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы, вдохновленные природой: учебное пособие / А.П. Карпенко. – Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014.
- [4] Зорин А.В., Федоткин М.А. Методы Монте-Карло для параллельных вычислений: Учебно пособие/Предисл.: В.А. Садовничий. – М.: Издательство Московского университета, 2013. – 192 с.
- [5] Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / Пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.: ил.
- [6] Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2008. – 1104 с.

Лавренков Юрий Николаевич – канд. техн. наук, доцент кафедры "Компьютерные системы и сети" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: georglawr@yandex.ru

Цыганков Иван Сергеевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: georglawr@yandex.ru

Е.С. Смоляр, Н.А. Борсук

РАЗРАБОТКА WEB-ГАЛЕРЕИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФУНКЦИЙ РЕТУШИРОВАНИЯ И СЛАЙДИРОВАНИЯ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

В современном мире интернет является неотъемлемой частью жизни каждого человека. Им пользуются больше восьмидесяти процентов населения земного шара. Интернет – это идеальный источник информации.

Благодаря этому, у каждого фотографа возникает желание показать свои работы в интернете. Многие предпочитают размещать снимки на специализированных сайтах, тематических форумах и галереях. Остальные убеждены, что ничего лучше своего собственного web-сайта быть не может.

Самые красивые и удобные сайты – у профессионалов. Разработкой таких сайтов занимаются специалисты. Их работа отличается высоким качеством, но стоит дорого. Кроме цены, есть еще одна сложность. И заказчик, и исполнитель – оба художники, и не факт, что они найдут точки соприкосновения, сработаются и сделают сайт, которым каждый из них будет удовлетворён. Всем тем, кто не желает пойти на подобные траты, остается либо самим изучать основы web-дизайна, либо пользоваться готовыми шаблонами.

Фотогалерея Web – это web-сайт, содержащий домашнюю страницу с миниатюрами изображений и страницы галереи с полноразмерными изображениями. Каждая страница содержит ссылки, позволяющие посетителям перемещаться по сайту. Например, когда посетитель щелкает миниатюру изображения на домашней странице, происходит загрузка страницы галереи с соответствующим полноразмерным изображением.

Существует множество ресурсов, с помощью которых можно создать собственную web-галерею, например, Adobe Photoshop, Adobe Lightroom, Apple Aperture или Google Picasa. Для создания собственной web-галереи возможно использование языка программирования JavaScript с библиотекой jQuery.

Цель работы - анализ библиотеки jQuery для разработки web-галереи.

На сегодняшний день наиболее актуальной библиотекой JavaScript для создания различных анимации является jQuery. Библиотека jQuery помогает легко получать доступ к любому элементу DOM, обращаться к атрибутам и содержимому элементов DOM, манипулировать ими. Также библиотека jQuery предоставляет удобный API для работы с AJAX [1].

У библиотеки jQuery имеется множество плюсов, таких как:

- облегчает манипулирование моделью документа DOM;
- множество различных эффектов;

- выполнение Ajax-запросов;
- кросс-браузерная совместимость;
- модульность jQuery;
- простота использования.

Главным образом, библиотека jQuery точно так же, как CSS отделяет визуализацию от структуры HTML. Например, вместо прямого указания на обработчика события нажатия кнопки управление передается JQuery, которая идентифицирует кнопки и затем преобразует его в обработчик события клика. Такое разделение поведения и структуры также называется принципом «ненавязчивого» JavaScript [1].

JQuery, как правило, включается в веб-страницу как один внешний JavaScript-файл:

```
<head>
<script src="jquery-2.2.2.min.js">
</script>
</head>
```

Работу с jQuery можно разделить на 2 типа [2]:

- получение jQuery-объекта с помощью функции `$()`. Например, передав в неё CSS-селектор, можно получить jQuery-объект всех элементов HTML, попадающих под критерий и далее работать с ними с помощью различных методов jQuery-объекта. В случае, если метод не должен возвращать какого-либо значения, он возвращает ссылку на jQuery объект, что позволяет вести цепочку вызовов методов согласно концепции текучего интерфейса.
- вызов глобальных методов у объекта `$`, например, удобных итераторов по массиву.

Типичный пример манипуляции сразу несколькими узлами DOM заключается в вызове `$` функции со строкой селектора CSS, что возвращает объект jQuery, содержащий некоторое количество элементов HTML-страницы. Эти элементы затем обрабатываются методами jQuery [2].

В целом разработка web-галереи состоит из следующих основных этапов:

- 1) анализ библиотеки jQuery, ее плюсов и минусов;
- 2) разработка составляющих web-галереи;
- 3) организация слайдирования;
- 4) реализация просмотра полноразмерных изображений;
- 5) реализация просмотра миниатюр;
- 6) увеличение/уменьшение изображения;
- 7) реализация переключения между альбомами;
- 8) разработка слайд-шоу на web-странице.

Для демонстрации возможностей этой библиотеки была создана web-галерея, показанная ниже на рисунке. Были реализованы такие функции, как:

- скроллинг;

- просмотр полноразмерных изображений;
- просмотр миниатюр;
- функция увеличения/уменьшения изображения;
- переключение между альбомами;
- создано слайд-шоу на web-странице.

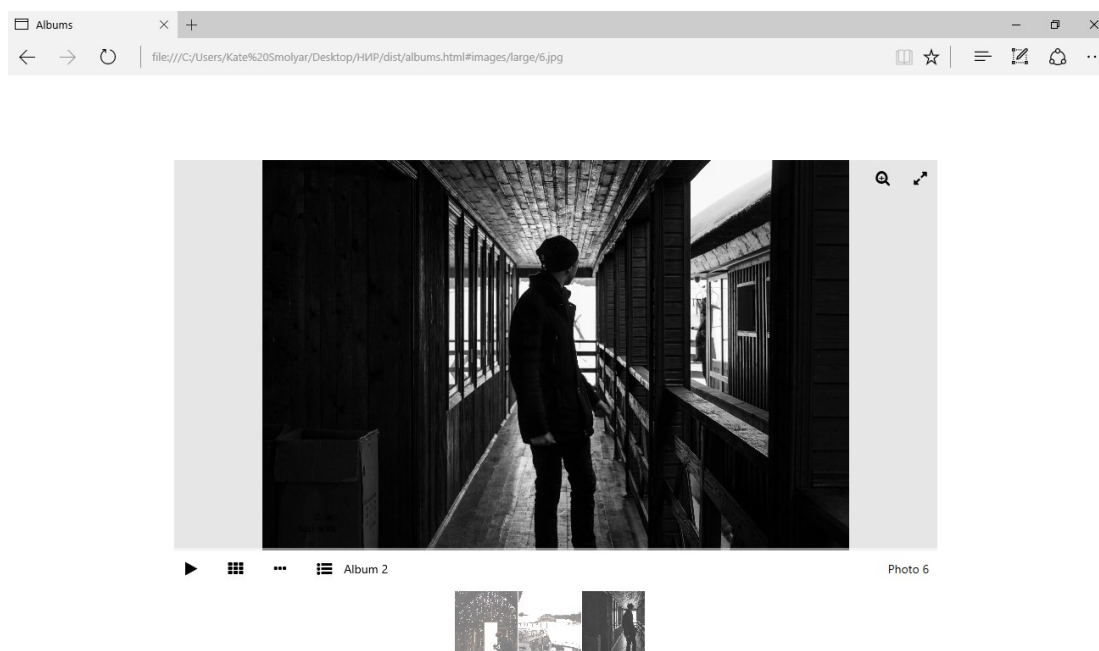


Рис. Пример web-галереи

Таким образом, библиотека jQuery содержит функциональность, полезную для максимально широкого круга задач. Тем не менее, разработчиками библиотеки не ставилась задача совмещения в jQuery функций, которые подошли бы всюду, поскольку это привело бы к большому коду, большая часть которого не востребована. Поэтому была реализована архитектура компактного универсального ядра библиотеки и плагинов. Это позволяет собрать для ресурса именно ту JavaScript-функциональность, которая на нём была бы востребована.

Список литературы

[1] *Флэкаган Д.* JavaScript. Подробное руководство. – Пер. с англ. – СПб.: Символ-плюс, 2008. – 992 с., ил.

[2] *Бибо Б., Кац И.* jQuery. Подробное руководство по продвинутому JavaScript. – Пер. с англ. – СПб.: Символ-плюс, 2009. – 384 с., ил.

Смоляр Екатерина Сергеевна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: gngar@yandex.ru

Борсук Наталья Александровна – канд. техн. наук, доцент кафедры "Компьютерные системы и сети" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: borsuk.65@yandex.ru

Д.А. Бурмистров, Н.А. Борсук

РАЗРАБОТКА ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ СИСТЕМЫ ОПОВЕЩЕНИЯ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Система оповещения - это организационно-техническое объединение технических средств оповещения, каналов связи, сетей вещания в целях обеспечения доведения сигналов и информации оповещения до населения, должностных лиц, органов управления и сил гражданской обороны. Передаются специальные сигналы, предназначенные для оповещения об опасности, а также информация о чрезвычайных ситуациях в виде сообщений, передаваемых органам повседневного управления, силам и средствам, а также населению об опасности или факте возникновения чрезвычайной ситуации и рекомендуемых действиях [1].

Системы оповещения могут быть уличными и внутренними. Чаще применяется в промышленности, железнодорожном транспорте и других шумных местах, в местах работы и скопления людей: торговые центры, кинотеатры, стадионы, школы и больницы.

Разновидности систем оповещения вызваны многообразием мест и условий применения, назначением, конечной целью применения и количеством производителей. Выбор и установка систем оповещения прерогатива специалистов с широкопрофильными знаниями в области пожарной безопасности, электробезопасности, мощности, звукового давления, дизайна и еще многого другого [1].

На многих предприятиях существует система оповещения для сотрудников. Функциями системы оповещения являются: многозонная система, автоматическое речевое оповещение по специально разработанному алгоритму, получение сигналов от любых систем пожарной сигнализации и других аварийных систем.

Для предприятия «ОА КНИИТМУ» встала задача модернизации пользовательского интерфейса системы оповещения. Предполагается, что будет возможна отправка важных сообщений по ip- телефонии, что приведет к сокращению времени, а также позволит предупреждать о каких-либо опасностях.

Для реализации поставленной задачи необходимо:

1) Выбрать базу данных для системы оповещения;
2) Выбрать язык интернет-программирования, чтобы проще реализовать требуемую задачу;

3) Определиться с адаптивным дизайном;

Будет использоваться база данных MySQL.

Преимущества MySQL:

- отличной скорости работы и обработки данных;
- высокой надежности и стабильности;
- быстрой установке на компьютер;
- функциональности и гибкости;
- безопасности;
- бесплатному распространению;

– открытому коду, позволяющему легко вносить изменения;
– нетребовательности к вычислительным мощностям. Для установки БД подойдет даже компьютер средней производительности, имеющий диск небольшого размера;

– возможности работы с множеством платформ: Linux, Mac OS X, Windows 95/98/NT/2000/XP/Server 2003/Vista/7, FreeBSD, etBSD, OpenBSD, SGI IRIX, Solaris, SunOS, SCO OpenServer, OS/2 Warp, UnixWare, Tru64, WinCE, AIX, BSDi, HP-UX, OpenVMS;

– возможности взаимодействия с интерфейсом программного приложения API и поддержка множества языков программирования, в том числе, популярного PHP, а также C, C++, Delphi, Java, Perl, Python, Ruby [3].

Для клиентской части будет использоваться JavaScript и Html. Для серверной части PHP и MySQL.

JavaScript имеет такие преимущества:

Меньшее взаимодействие с сервером: данные пользователя можно проверить перед отправкой страницы на сервер. Это экономит трафик сервера, что означает меньшую нагрузку на используемые сайтом сервера.

Немедленная обратная связь для посетителей: им не нужно ждать перезагрузки страницы чтобы увидеть, забыл ли он что-то ввести.

Повышенная интерактивность: вы можете создавать интерфейсы, которые реагируют при наведении на них мыши или активировать их с помощью клавиатуры [2].

Модернизированная система оповещения получит ряд преимуществ:

- 1) Улучшенные средства взаимодействия с пользователями;
- 2) Продвинутая система разграничения доступа (логины, пароли);
- 3) Интерфейс создан в соответствии с пожеланиями конечных пользователей, что повышает его удобство;
- 4) Адаптивный интерфейс (подходит для всех разрешений экрана и адаптируется к нему);
- 5) Используются последние разработки в области web-технологий;
- 6) Получит сигналы от любых систем пожарной сигнализации и других аварийных систем;

Список используемой литературы

[1] Иванов Л. А. Основные назначения системы оповещения. URL: <http://www.cleper.ru/articles/description.php?n=28> (дата обращения 25.03.2017).

[2] Гудман Д., Морриссон М. JavaScript. Библия пользователя. URL: <http://mexalib.com/view/29569> (дата обращения 24.03.2017).

[3] Бэрон Шварц, Петр Зайцев MySQL. Оптимизация производительности. URL: <http://progbook.ru/bd/mysql/1182-shvarc-mysql-optimizaciya-proizvoditelnosti.html> (дата обращения 24.03.2017).

Бурмистров Дмитрий Андреевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: Dmitriy.burmistrovz@yandex.ru

Борсук Наталья Александровна – канд. техн. наук, доцент кафедры "Компьютерные системы и сети" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: borsuk.65@yandex.ru

М.С. Колосветов, Н.А. Борсук

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ РАСПИСАНИЯ ЗАНЯТИЙ ПОД ОПЕРАЦИОННУЮ СИСТЕМУ ANDROID

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Анализ мировых тенденций технологического прогресса демонстрирует актуальность применения мобильных технологий в сфере образования [1]. Она обусловлена следующими факторами:

- почти повсеместное распространение мобильных устройств среди студенческого и преподавательского состава;
- легкость адаптации аудитории учебных заведений;
- простота перевода учебного материала в медиа-контент;
- быстрота интеграции технических нововведений.

Целью данной научно-исследовательской работы является разработка и создание приложения расписания занятий, нацеленного на общее пользование, а также на использование его студентами КФ МГТУ им. Баумана в частности. Данное приложение позволит учащимся максимально просто ориентироваться в плане предметов, а также в их разделении по числителью-знаменателю. В программе планируется реализовать возможность пользователю создавать напоминания, касающиеся учебного плана на текущий семестр. Все вместе взятые эти функции позволят существенно сократить для поиска требуемой информации.

В качестве операционной системы был выбран Android. Основные плюсы данной платформы [2]:

- Android – операционная система с открытым исходным кодом;
- В системе хорошо реализована многозадачность, когда без проблем работает одновременно несколько приложений;
- Оперативные обновления. Компанией Google ведется непрерывная работа над улучшением функционала операционной системы, исправляются баги, вносятся изменения в интерфейс.

В связи со всем вышеперечисленным в данной научно-исследовательской работе было решено ориентироваться на основную массу пользователей.

Основными особенностями разрабатываемого приложения являются:

- Удобный и понятный интерфейс;
- Отображение расписания на текущую дату;
- Отображение ближайших задач учебного плана;
- Возможность пользователю самому редактировать или вносить новое расписание, а также задачи учебного плана;
- Возможность загрузки расписания из файла с расширением «.xls», находящегося в памяти телефона.
- Встроенный календарь.

Средой разработки была выбрана Android Studio. Android Studio – это интегрированная среда разработки (IDE) для работы с платформой Android, анонсированная 16 мая 2013 года на конференции Google I/O. На

данный момент она является одной из лучших и наиболее используемых сред для проектирования приложений. Данная среда разработки доступна для Windows, OS X и Linux. Основные особенности - реализована возможность верстки в реальном времени, доступно множество вариантов размеров и разрешений экранов. Присутствует раздел справки. Встроены инструменты улучшения качества приложений и монетизации. Имеются инструменты для отслеживания эффективности рекламных объявлений. Добавлено средство взаимодействия с бета-тестерами [3].

В качестве технологии реализации БД в Android Studio используется SQLite. Это компактная встраиваемая реляционная база данных. SQLite не использует парадигму клиент-сервер, то есть SQLite не является отдельно работающим процессом, с которым взаимодействует программа, а предоставляет библиотеку, с которой программа компонуется и БД становится составной частью программы. Такой подход уменьшает накладные расходы, время отклика и упрощает программу. SQLite хранит всю базу данных (включая определения, таблицы, индексы и данные) в единственном стандартном файле на том компьютере, на котором выполняется программа. Простота реализации достигается за счёт того, что перед началом исполнения транзакции запись весь файл, хранящий базу данных, блокируется; ACID-функции достигаются, в том числе за счёт создания файла журнала. Несколько процессов или потоков могут одновременно без каких-либо проблем читать данные из одной базы. Запись в базу можно осуществить только в том случае, если никаких других запросов в данный момент не обслуживается; в противном случае попытка записи оканчивается неудачей, и в программу возвращается код ошибки.

Другим вариантом является автоматическое повторение попыток записи в течение заданного интервала времени. Клиентская часть работает из командной строки, позволяет обращаться к файлу БД на основе типовых функций ОС. Благодаря такой архитектуре, возможно использовать SQLite как на встраиваемых системах, так и на выделенных машинах с гигабайтными массивами данных [4].

Список литературы

[1] Иванченко Д.А., Попов С.О., Хмельков И.А. Актуальные вопросы внедрения мобильных технологий в высших учебных заведениях. [Электронный ресурс]. URL: <http://ojs.ifmo.ru>. (Дата обращения: 28.03.2017).

[2] С.В. Суягин. Android vs iOS: какая платформа лучше для разработчиков. [Электронный ресурс]. URL: <https://lifehacker.ru>. (Дата обращения: 28.03.2017).

[3] Android Studio Release Notes. [Электронный ресурс]. URL: <https://developer.android.com>. (Дата обращения: 28.03.2017).

[4] SQLite. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sqlite.org>. (Дата обращения: 28.03.2017).

Колосветов Михаил Сергеевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: logadomen@yandex.ru

Борсук Наталья Александровна – канд. техн. наук, доцент кафедры "Компьютерные системы и сети" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: borsuk.65@yandex.ru

В.М. Касатиков, И.В. Соскин, А.В. Родионов

РЕАЛИЗАЦИЯ ИНТЕРНЕТ РЕСУРСА «СПОРТИВНАЯ ШКОЛА ФАВОРИТ», ИНТЕГРИРОВАННОГО С МЕССЕНДЖЕРОМ «TELEGRAM»

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Для реализации интернет разработки, представляющего из себя сайт с Primary Menu переходящего по другим страницам, в котором представлены все возможности данного ресурса будет использоваться CMS Wordpress. Если пользователь заинтересован и хочет подробнее узнать о данных возможностях, ему необходимо пройти регистрацию, после которой он получает весь функционал, включающий в себя: новостную ленту, о предстоящих или прошедших событиях; календарь с расписанием; магазин услуг с подробным описанием, по интересующей тематике. Для взаимодействия пользователей между собой и с сайтом и для быстрого оповещения в ряде изменений на сайте, например, изменение расписания или состава тренеров будет использоваться бот в мессенджере «Telegram».

Необходимо решить ряд задач:

1. Анализ и выбор инструментальных средств реализации проектирования
2. Разработка основных модулей и реализацией взаимосвязи между ними.
3. Размещение разработанного интернет ресурса на хостинге.

Ниже будет рассмотрена задача выбора инструментальной среды разработки.

Данный ресурс будет реализован на CMS Wordpress. Ни в коем случае не следует путать систему управления сайтом CMS с Фреймворками. Так как здесь есть множество отличий, но одно и самое главное заключается в том, что с Фреймворком вам придется разрабатывать приложение практически с нуля, а CMS предоставляет готовую форму, на которую можно установить плагины и использовать их без знания языков программирования [1].

Если говорить о преимуществах, WordPress – это, самая простая и удобная платформа для блога или другого проекта, где можно публиковать любые статьи, магазин товаров, фотографии, новости, видео и другую информацию. Вот вам пять преимуществ, которые позволяют так судить [2]:

1. Бесплатное пользование системой.
2. Простая установка и пользование системой.
3. Кроссплатформенное построение системы.
4. Встроенный визуальный и текстовый (HTML) редактор.
5. Популярность WordPress во всем мире.

Если говорить о цифрах – то это 60 миллионов сайтов, которые построены на WordPress. 350 миллионов человек каждый месяц просматривают 3 миллиарда страниц, созданных на WordPress. И все непонятные вопросы, касающиеся WordPress, тоже можно легко разрешить на форумах в интернете [3].

При реализации возникла проблема, заключающаяся в том, что надо оповещать пользователей, и чтобы они находились в одной социальной се-

ти. Для взаимодействия пользователей используется программа «Telegram», которая дает возможность пользователям смартфонов и планшетов, бесплатно отправлять мгновенные сообщения с большими объемами фото и видео файлов, также у пользователей есть возможность, организовывать мультитачи с участием до 100 человек. Все аккаунты пользователей, приложения привязаны к телефонным номерам. При регистрации, а также при всех следующих подключениях новых устройств, проводится проверка, в которой путем отправки смс сообщения с кодом для проверки. Полученный код, позволяет авторизоваться в приложении.

Боты в Telegram – это разновидность чат-ботов. По правилам все их имена должны оканчиваться словом «bot». По своей сути – это те же пользовательские аккаунты, которыми вместо людей управляют программы [4].

Они помогают выполнять разные действия: переводить и комментировать, обучать и тестировать, искать и находить, спрашивать и отвечать, играть и развлекать, транслировать и агрегировать, встраиваться в другие сервисы и платформы, взаимодействовать с датчиками и вещами, подключенными к интернету. Ботов Telegram можно «Добавить в группу» (Add To Group), или ими «Поделиться» (Share). И это далеко не все возможности, которые представляет платформа для их создания.

Боты – это маленькие умные помощники. Их прелесть в том, что вам не нужно покидать экосистему мессенджера, чтобы решить элементарную задачу: спросить, уточнить, узнать, посчитать.

Таким образом, выше была проанализирована одна из задач создания сайта - спортивная школа, а именно, задача выбора среды разработки данного интернет ресурса и способы взаимодействия пользователей используя социальные сети, в дальнейшем будет выполнена работа по реализации модулей сайта.

Список литературы

[1] Георгиев А.В. Plumley WordPress / (+ DVD-ROM) – М.: Наука, 2014. - 336 с.

[2] Вандюк, Джон К. CMS Drupal. Руководство по разработке системы управления сайтом / Вандюк, Джон К., Мэтт Вестгейт. - М.: Вильямс, 2008. - 402 с.

[3] Колисниченко, Д.Н. Выбираем лучший бесплатный движок для сайта. CMS Joomla и WordPress (+ CD-ROM) / Д.Н. Колисниченко. - М.: БХВ, 2010. - 184 с.

[4] Защищенный Messenger Телеграмм. URL: <http://telegram-free.ru/>

Касатиков Виталий Михайлович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kasatikov005@yandex.ru

Соскин Иван Вячеславович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ivansoskin@yandex.ru

Родионов Андрей Викторович – канд. техн. наук, доцент кафедры "Компьютерные системы и сети" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: andviro@gmail.com

М.Д. Орлова, Н.А. Борсук

СОЗДАНИЕ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ СЛАБОВИДЯЩИХ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

В данный момент в мире 180 млн. слепых и слабовидящих людей. По прогнозам всемирной организации здравоохранения, в 2020 году их станет 275 млн. человек. На данный момент уже реализованы и протестированы незрячими:

- Функция голосовых предупреждений о препятствиях
- Функция обозначения препятствий пространственными звуковыми маркерами,
- Обнаружение опасных объектов
- Распознавание цвета светофора
- Глобальная навигация

Проанализировав вышеперечисленные технологии, хочется предложить идею по созданию приложения «Онлайн-окулист». Это приложение поможет проверять свое зрение, не выходя из дома. Приложение будет разработано, как приложение для телефона. Само устройство будет похоже на очки виртуальной реальности со встроенным микрофоном.

Задачи:

- Разработать программу, которая будет выводить перед нами таблица для проверки зрения
- Разработать программу, которая будет случайным образом выводить буквы в рандомном порядке
- Разработать программу, которая будет распознавать голос через микрофон и проверять правильность названной буквы
- Разработать программу, которая будет анализировать результаты
- Разработать программу, которая будет выводить информацию о зрении человека на экран

В данный момент у каждого человека есть телефон. В основном телефоны разработаны на базе Android. Следовательно, мое приложение будет рассчитано на большую часть пользователей.

В качестве среды разработки была выбрана Android Studio. Android Studio – это интегрированная среда разработки (IDE) для работы с платформой Android. IDE находилась в свободном доступе начиная с версии 0.1, опубликованной в мае 2013, а затем перешла в стадию бета-тестирования, начиная с версии 0.8, которая была выпущена в июне 2014 года [1].

Новые функции появляются с каждой новой версией Android Studio. На данный момент доступны следующие функции:

- Различные виды сборок и генерация нескольких .apk файлов
- Статический анализатор кода (Lint), позволяющий находить проблемы производительности, несовместимости версий и другое [2].
- Встроенный ProGuard и утилита для подписывания приложений.
- Шаблоны основных макетов и компонентов Android.
- Поддержка разработки приложений для Android Wear и Android TV.
- Встроенная поддержка Google Cloud Platform, которая включает в себя интеграцию с сервисами Google Cloud Messaging и App Engine.
- Android Studio 2.1 поддерживает Android N Preview SDK, а это значит, что разработчики смогут начать работу по созданию приложения для новой программной платформы [3].
- Новая версия Android Studio 2.1 способна работать с обновленным компилятором Jack, а также получила улучшенную поддержку Java 8 и усовершенствованную функцию Instant Run.

Аналогов данного приложения нет, но есть похожие, они не предназначены для определения зрения слабовидящих людей. Данная разработка актуальна, она будет экономить время и средства слабовидящих людей. В будущем возможна доработка и расширения функций данного приложения.

Литература:

[1] *Павел Козловский, Питер Бэкон Дарвин*. Разработка веб-приложений. Издательство «ДМК Пресс» -2014,394 с.

[2] *Николас Закас*. JavaScript. Оптимизация производительности. Издательство «Символ-Плюс» - 2012, 256 с.

[3] *Майкл С. Миковски, Джош К. Пауэлл*. Разработка веб-приложений. Издательство «ДМК Пресс» - 2014,512 с.

Орлова Мария Дмитриевна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: mariyakornu2016@yandex.ru

Борсук Наталья Александровна – канд. техн. наук, доцент кафедры "Компьютерные системы и сети" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: borsuk.65@yandex.ru

П.А. Перевезенцев, К.В. Шершнев, А.М. Донецков

СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Моделирование какой-либо системы позволяет исследовать ее при помощи построения другой системы – модели. Это помогает избегать различных непредвиденных ситуаций, тем самым позволяет существенно сократить затраты (повысить доходы) на этапе ввода в эксплуатацию. При помощи моделирования возможно решения двух типов задач.

Прямые задачи позволяют понять, как будет вести себя реальная система (чему будет равен результат) при определенных условиях. Решение обратной задачи показывает какие должны быть исходные данные при данном результате, чтобы критерий эффективности стремился к максимуму или минимуму. Существует множество алгоритмов решения задач такого класса. Цель этой работы рассмотреть некоторые из них. Решение обратных задач может осуществляться простым перебором, если количество решений невелико, так как простой перебор имеет вычислительную сложность n^n , то при большом количестве допустимых вариантов оптимальное решение может быть не найдено. Поэтому прибегают к оптимальным алгоритмам.

Задачи принятия (нахождения) решений можно свести к задачам минимизации (максимизации) критерия эффективности, при некотором ограничении (системе уравнений). Поэтому реальную задачу всегда можно описать следующим правилом: «При заданном ограничении, с учетом неопределенности некоторых факторов, найти оптимальное решение, принадлежащее множеству решений, по возможности, обеспечивающее максимальное (минимальное) значение критерия эффективности» [1].

Из-за наличия условий неопределенности некоторых факторов, влияющих на результат, решение такой задачи должно выбирать подходящее решение в условиях неопределенности. Такие величины могут выражать стохастическую (вероятностную) неопределенность с известными характеристиками случайных чисел (законам распределения, математическое ожидание, дисперсия).

Таким образом решение обратной задачи с некоторыми неизвестными факторами чаще всего решает задачу прогнозирования (регрессии). В свою очередь одним оптимальных алгоритмов на данный момент можно считать рекуррентную нейронную сеть или же алгоритм случайного леса (Random forest). Алгоритм применяется для задач классификации и регрессии.

Random forest (с англ. – «случайный лес») – алгоритм машинного обучения, заключающийся в использовании ансамбля решающих деревьев. Идея Random forest заключается в построении ансамбля решающих деревьев. Дерево принятия решений – слабый алгоритм. Если построить очень много разных решающих деревьев и усреднить результат их предсказаний, то итоговый результат будет существенно лучше.

Достоинства алгоритма Random forest:

– Нечувствительность к масштабированию значений признаков.

- Одинаково хорошо обрабатываются как непрерывные, так и дискретные признаки.
- Высокая параллелизуемость и масштабируемость.

Недостатки:

- Алгоритм склонен к переобучению на некоторых задачах, особенно на зашумленных задачах.
- Большой размер получающихся моделей. Требуется $O(N * K)$ памяти для хранения модели, где K – число деревьев.

В рекуррентных искусственных нейронных сетях (ИНС) главная идея состоит в обучении своему выходному сигналу на предыдущем шаге. Такие ИНС хорошо позволяют решать задачу прогнозирования даже на сильно зашумленных временных рядах. Исходные данные разделяются на три выборки – обучающую, тестирующую и контрольную – и подаются на вход ИНС [2]. Благодаря обратным связям, элементы всегда хранят копию значений из скрытого слоя за предыдущий шаг (поскольку они отправляются в обратном направлении еще до применения обучающего правила). Таким образом, шум временного ряда постепенно нивелируется, и вместе с ним минимизируется и ошибка.

Достоинства рекуррентных ИНС:

- Способность обрабатывать сильно зашумленные данные.
- Очень высокая параллелизуемость и масштабируемость.

Недостатки:

- Отсутствие устойчивости, а в случаях, когда она достигается, сеть становится эквивалентной однослойной нейронной.
- Продолжительные временные затраты на выполнение процедуры обучения зачастую не позволяют применять ИНС в системах реального времени.

Таким образом можно сделать вывод что при решении обратной задачи моделирования с некоторыми неизвестными факторами необходимо использовать оптимальные алгоритмы с возможностью обучения, но решение конкретной задачи зависит от условий.

Список литературы

[1] Этапы моделирования 10.5.15. URL: <http://matmethod-porova.narod.ru/theme13.htm> (дата обращения: 11.03.17)

[2] Прогнозирование при помощи рекуррентных нейронных сетей 6.11.2014. URL: <http://datareview.info/article/prognozirovanie-pri-pomoshhi-rekurrentnyih-neyronnyih-setey/> (дата обращения: 1.04.17)

Перевезенцев Павел Александрович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: perevezenzev@gmail.com

Шершнев Кирилл Вячеславович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kir.sher99@gmail.com

Донецков Анатолий Михайлович – канд. техн. наук, доцент кафедры "Компьютерные системы и сети" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: dam@kaluga.ru

П.А. Перевезенцев, Н.А. Борсук, И.В. Чухраев

СРАВНЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ АНИМАЦИИ SVG-ЭЛЕМЕНТОВ В СОВРЕМЕННЫХ UI-ФРЕЙМВОРКАХ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Современные web-приложения содержат множество графических элементов, которые зачастую требуют анимированных переходов между своими состояниями. Поэтому при решении задач анимации графических элементов разработчику необходимо правильно выбрать UI-фреймворк для рендеринга. Существуют 2 критерия выбора: скорость отображения, размер выходного файла.

SVG - формат векторной графики. Буквально его название – значит «масштабируемая векторная графика» (Scalable Vector Graphics). SVG можно легко использовать в вебе.

Свойства SVG:

- Небольшие размеры файлов, отличное сжатие;
- Масштабирование до любого размера, без потери качества;
- Хорошо выглядит на экране любого разрешения;
- Широкие возможности, которые предоставляют фильтры и интерактивность.

Преимущества SVG:

Масштабирование: в отличие от растровой графики, SVG не теряет в качестве при масштабировании, поэтому ее удобно использовать для разработки под retina. Уменьшение HTTP-запросов: при использовании SVG сокращается количество обращений к серверу, соответственно увеличивается скорость загрузки сайта. Стайлинг и скриптинг: при помощи CSS можно менять параметры графики на сайте, например, фон, прозрачность или границы. Анимация и редактирование: при помощи javascript можно анимировать SVG, а также редактировать в текстовом или графическом редакторе (InkScape или Adobe Illustrator).

Малый размер: объекты SVG весят намного меньше растровых изображений. SVG-картинки могут быть стилизованы и анимированы с помощью CSS. По сути, все трансформации и анимированные переходы, которые можно применять к HTML-элементам, применимы и к SVG-элементам.

Множество SVG элементов на странице могут создавать проблемы для плавного рендеринга. И так как большинство современных web ресурсов стремятся внедрить продвинутую графику важно выбрать фреймворк для разрешения проблемы плавного рендеринга. В данный момент SVG используется для отрисовки иконок или изображений, но также планиру-

ется использование SVG для шрифтов. В этой работе будет рассмотрена анимация SVG при помощи популярного UI-фреймворка React и набирающего популярность Preact. И сравнена производительность анимации.

В качестве примера идеально подходит классический пример дерева Пифагора (Pythagoras tree (fractal)). Обычно в такое дерево входят множество геометрических примитивов [1].

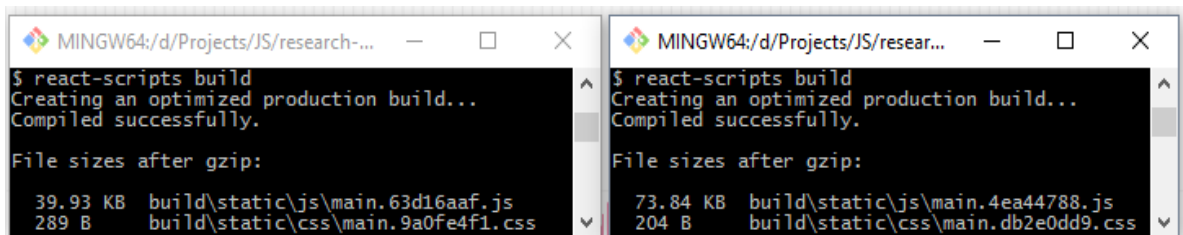
Задачи:

- Построить деревья Пифагора при помощи React и Preact.
- Сделать измерения FPS (кадров в секунду)
- Сделать измерения размера выходного bundle файла.

React.js – это новый JavaScript фреймворков. Тогда как многие фреймворки реализуют полный MVC (Model View Controller) подход, то при помощи React'a возможно реализовать только View.

React предоставляется в виде библиотеки JavaScript с компилятором JSX и связанных с ними инструментов разработки. Приложения с React'ом основаны на Компонентах. Компоненты могут состоять из более мелких компонентов, встроенных или пользовательских [2]. Для оптимизации быстродействия компоненты React сначала преобразуются в управляемую модель Virtual DOM.

Preact – библиотека, повторяющая API React и имеющая размер 3кВ. Preact старается максимально извлечь выгоду в минификации UI библиотеки. Но из-за этого может страдать скорость работы.



```
MINGW64:/d/Projects/JS/research-...
$ react-scripts build
Creating an optimized production build...
Compiled successfully.

File sizes after gzip:
 39.93 KB  build\static\js\main.63d16aaf.js
 289 B    build\static\css\main.9a0fe4f1.css

MINGW64:/d/Projects/JS/research-...
$ react-scripts build
Creating an optimized production build...
Compiled successfully.

File sizes after gzip:
 73.84 KB  build\static\js\main.4ea44788.js
 204 B    build\static\css\main.db2e0dd9.css
```

Рисунок 1. Сравнение размера bundle после компиляции

Как можно увидеть на рисунке 1 размер выходного файла с использованием React: 74 KB и с использованием Preact: 40 KB. Проанализировав исходные данные можно вычислить среднее значение FPS: React: $27,05 \pm 1,26$ FPS - 662 измерений, Preact: $23,92 \pm 3,45$ FPS - 430 измерений

Таким образом можно сделать вывод, что приложение, написанное на React, справляется с рендером множества SVG элементов лучше нежели приложение, написанное при помощи Preact. Но при этом размер выходного файла на Preact почти в 2 раза меньше нежели чем на React. Следовательно, разработчику необходимо выбирать фреймворк в зависимости от поставленной задачи.

Список литературы

- [1] Деменок С.Н. Просто фрактал. – М.: Просто, 2012. – 176 с.
[2] Fractals in React 18.10.2016. <https://swizec.com/blog/fractals-react/swizec/7233> (дата обращения: 13.04.17)

Перевезенцев Павел Александрович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: perevezenzev@gmail.com

Борсук Наталья Александровна – канд. техн. наук, доцент кафедры "Компьютерные системы и сети" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: borsuk.65@yandex.ru

Чухраев Игорь Владимирович – канд. техн. наук, заведующий кафедрой "Компьютерные системы и сети" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: igor.chukhraev@mail.ru

А.С. Потёмкин, Н.А. Борсук

СРАВНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ JS-ФРЕЙМВОРКОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ОДНОСТРАНИЧНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Сообщество JavaScript за последние несколько лет пережило большое развитие, строя всё более и более сложные, и объёмные приложения. Следующим шагом развития web разработки является использование одностраничных приложений, которые на данный момент на практике применяются не часто. Одним из самых мощных и общеизвестных SPA (Single Page Application) является Gmail – почтовый сервис компании Google. И при разработке одностраничных web-приложений на языке JS, без фреймворков не обойтись, так как они дают возможность решить задачу быстрее и более простыми методами.

JS-фреймворки – это инструменты для разработки динамических web-приложений на языке JavaScript, в большинстве случаев фреймворки используют там, где сложно выполнить задачу обычными средствами. MV*-фреймворки появляются каждую неделю в большом количестве и поэтому перед тем, как начать писать приложение, разработчику приходится оценивать массу инструментов, чтобы выбрать что-то подходящее [1].

Данное сравнение необходимо для того, чтобы понять, какой из популярных на данный момент JS-фреймворков, поддерживающих SPA, лучше всего подходит для разработки одностраничных приложений.

Основными критериями сравнения главных Single Page Application JS-фреймворков, а именно, Angular.js, Backbone, Polymer, React, являются преимущества и недостатки данных инструментов, так как они по своему функционалу мало похожи друг на друга.

Angular.js. Angular – MVC-фреймворк, который широко используется для создания и поддержки сложных web-приложений.

Angular.js используется, если необходима оболочка декларативного стиля для сбора данных о поведении пользователя через HTML и компонентов. Также данный фреймворк предоставляет простую тестовую систему и URL-навигацию.

Преимущества: Привязка данных между представлениями и моделями позволяет проводить автоматическое обновление с обеих сторон при изменении данных. Angular.js легко загружаем. Данный фреймворк существенно уменьшает код, за счет повторного использования компонентов. Расширяет синтаксис HTML. Возможность написания приложения без jQuery и без непосредственного управления DOM'ом.

Недостатком является высокий порог изучения, за счет сложной документации. А также невозможность указывать переходы состояний UI, изменяемые моделью.

В Angular.js логика описывается внутри HTML, что приводит к высокоуровневой абстракции.

Backbone. Backbone – простой MVP-фреймворк, который вмещается в один JS файл. Данный фреймворк включает в себя все то, что необходимо для построения одностраничных приложений без каких-либо сложностей, например, он поддерживает RESTfull JSON интерфейс.

Преимуществом является небольшой набор блоков для построения приложений (модели, представления, коллекции). Функциональность фреймворка позволяет быстро в нём разобраться.

Недостатки: Backbone не в состоянии решить все проблемы, с которыми столкнется разработчик при разработке приложения, поэтому придется поверх всего придумывать свое решение. При использовании Backbone будет не хватать способов создания вторичных свойств, их связывания, а также способа рендера представлений внутрь элемента.

За счет минималистической концепции Backbone имеет небольшой порог вхождения, но его узкая специализация приводит к тому, что разработчикам приходится придумывать много своих решений поверх имеющегося фреймворка.

Polymer. Polymer – это инновационный проект Google, который предназначен для удобной работы над веб-дизайном, в частности для облегчения использования Material Design. Фреймворк был разработан для возможности определять custom элементы (document.registerElement для создания новых HTML тегов со встроенным поведением).

Преимущества: возможность создавать custom элементы, что позволяет повысить структурированность HTML кода и повторное его использование. Polymer полифилен, что означает поддержку возможностей, встроенных в новые браузеры, старыми браузерами. Фреймворк решает проблему изоляции стилей при создании виджетов.

Недостатком Polymer является позиционирование Google данного фреймворка. Google в своей маркетинговой компании говорит о том, что Polymer является решением всех проблем, возникающих при разработке, но на самом деле это не так.

Единственная проблема, которую решает данный фреймворк – это document.registerElement.

React. React – описывает себя как библиотека JS, которая использует паттерн MVC, но если добавить к этой библиотеке flux, то его можно приравнять к JS-фреймворку, на данный момент это один из самых популярных фреймворков. React развивается в основном с поддержкой Facebook, имеет открытый исходный код. Построен на парадигме реактивного про-

граммирования, данный подход предлагает описывать данные в виде набора утверждений.

Преимуществом является сравнение React'ом виртуального DOM'а с реальным в настоящий момент, и производство минимальных изменений для их синхронизации. Виртуальный DOM решает проблему с обработкой событий в разных браузерах, за счет этого React предоставляет совместимую событийную модель в любом браузере. React позволяет использовать любой инструмент при разработке, он хорошо сочетается с другими фреймворками. Также данную библиотеку очень просто освоить. Дизайн React сочетается с асинхронными серверными архитектурами для адаптации к будущим технологиям. JSX дает преимущество при обработке ошибок [2].

Недостатком является размер минифицированной версии – 124К. Также React имеет многословный синтаксис: большое количество специфичных конструкций, фигурных скобок.

Таким образом, React хорошо подходит, если необходимо создать качественное и в кратчайшие сроки быстрое, легкое, удобное и индексируемое поисковиками одностраничное приложение. Однако React не является решением всех существующих проблем, необходимо учитывать особенности разрабатываемого проекта.

При создании одностраничных web-приложений JavaScript-разработчики выбирают подходящие инструменты. Немногие из существующий фреймворков и библиотек снабжены мощными инструментами поддержки и сопровождаются проверенными практическими рекомендациями по проектированию при гарантированной перспективе роста, при операциях с данными на сервере. React предлагает все это, при активном расширении поддержки сообщества. На сегодняшний момент React лучше всего подходит для разработки одностраничных web-приложений.

Список литературы

[1] Дэвид Флэнаган. JavaScript. Подробное руководство, 6 издание. – СПб: Символ-Плюс, 2012 – 1080 с.

[2] Дуглас Крокфорд. JavaScript. Сильные стороны. – СПб: Символ-Плюс, 2013. – 176 с.

Потёмкин Андрей Сергеевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: ipad_nw@icloud.com

Борсук Наталья Александровна – канд. техн. наук, доцент кафедры "Компьютерные системы и сети" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: borsuk.65@yandex.ru

А.Д. Минина, Е.С. Смоляр, Е.А. Максимова

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУММАТОРА И ПОЛУСУММАТОРА

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Сумматоры и полусумматоры часто используются при проектировании АЛУ. Не смотря на прямое предназначение – сложение двух или более чисел, с их помощью также выполняются операции вычитания, умножения и деления.

При проектировании устройства или его схемы необходимо учитывать такие параметры, как:

- Быстродействие;
- Количество используемых атрибутов;
- Энергопотребление;
- Стоимость.

Для определения наиболее оптимального варианта проектирования необходимо понимать разницу между сумматором и полусумматором и их применением на практике.

Автор в своей книге [1] дает такое понятие сумматору: «Одноразрядным сумматором комбинационного типа на три входа и два выхода называется логическая схема, которая по разрядным значениям слагаемых и по значению переноса младшего разряда формирует значение разрядной суммы и переноса в старший разряд». В таблице 1 показана таблица истинности для одноразрядного сумматора.

Таблица 1. Таблица истинности одноразрядного сумматора

| P_{i-1} | X_1 | X_2 | P_i | S_i |
|-----------|-------|-------|-------|-------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Определение полусумматора в той же книге: «Полусумматором называется логическая схема, которая выполняет сложения значений нескольких разрядов двоичных чисел и реализует на выходе значение результата и перенос в старший соседний разряд». В таблице 2 показана таблица истинности для одноразрядного полусумматора.

Таблица 2. Таблица истинности одноразрядного полусумматора

| X_1 | X_2 | P_i | S_i |
|-------|-------|-------|-------|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 0 |

На рисунке 1 показаны схемы одноразрядных сумматора и полусумматора. Как можно заметить, сумматор состоит из двух полусумматоров, а также элемента ИЛИ, который формирует значение переноса.

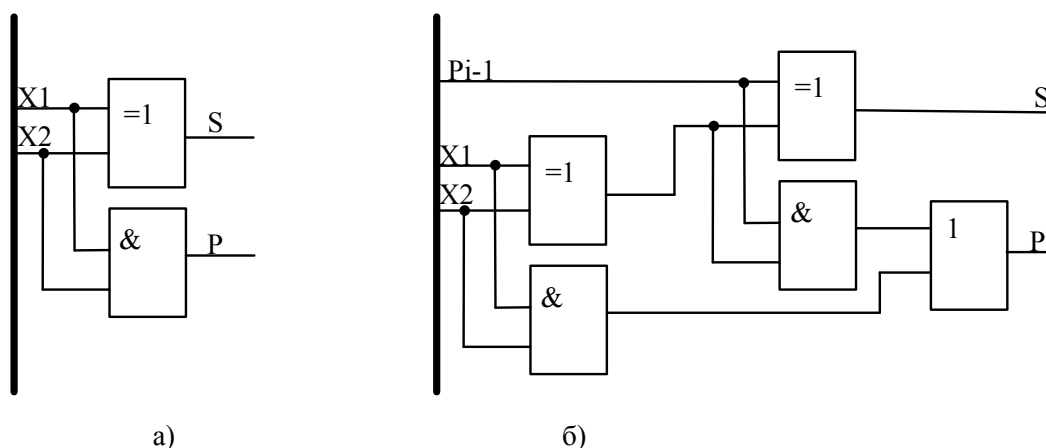


Рис 1. а) схема одноразрядного полусумматора,
б) схема одноразрядного сумматора

Опираясь на схемы сумматора и полусумматора, собрать и проверить их работу можно в программе MultiSim 14.0. Данная программа содержит в себе большое количество электронных элементов, позволяющих создавать электрические схемы и проверять их работоспособность.

Моделировать оба устройства будем из обычных элементов И, ИЛИ, НЕ КМОП логики. На выходы для наглядности подключим диоды. Таким образом, мы сможем наблюдать, когда на выходе ноль, а когда единица.

В книге [2] даны такие определения функций, реализуемых схемами:

- Схема И (AND gate) вырабатывает 1 на выходе только в том случае, когда на всех ее входах присутствуют 1;
- Схема ИЛИ (OR gate) вырабатывает 1 на выходе только в том случае, когда 1 присутствует хотя бы на одном ее входе;
- Схема Исключающее ИЛИ (XOR gate) вырабатывает 1 на выходе только в том случае, когда значения на входе различны;
- Схема НЕ (NOT gate), обычно называемая инвертором, вырабатывает на выходе сигнал, противоположный входному сигналу;

На рисунке 2 представлен полусумматор, состоящий из двух элементов – элемент Исключающее ИЛИ и элемент И. Элемент Исключающее

ИЛИ имеет обозначение 74НС386N_2V и выполняет логическое сложение подаваемых на вход сигналов. Элемент И имеет обозначение 74НС09D_2 и выполняет логическое умножение подаваемых на вход сигналов. На рисунке видно, что при подаче на вход сигналов 0 и 1 полусумматор выдает значения $P = 0$ и $S = 1$ (согласно подключенным к выходам диодам).

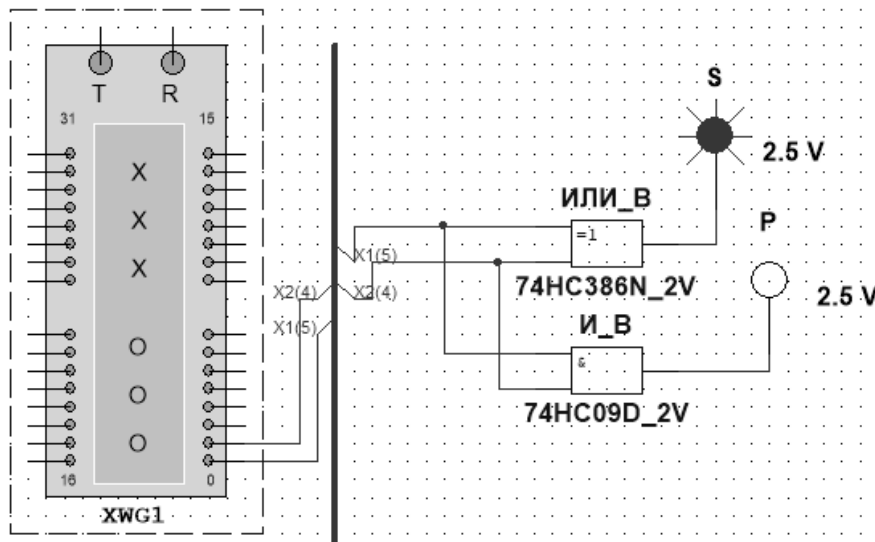


Рис 2. Полусумматор при значениях $X1 = 0$ и $X2 = 1$

На рисунке 3 представлен тот же полусумматор, что и на рисунке 2, но здесь мы подаем на оба входа единицы. Так как в двоичной системе счисления $1 + 1 = 10$, то у нас возникает переполнение. Из этого следует, что $S = 0$, а $P = 1$.

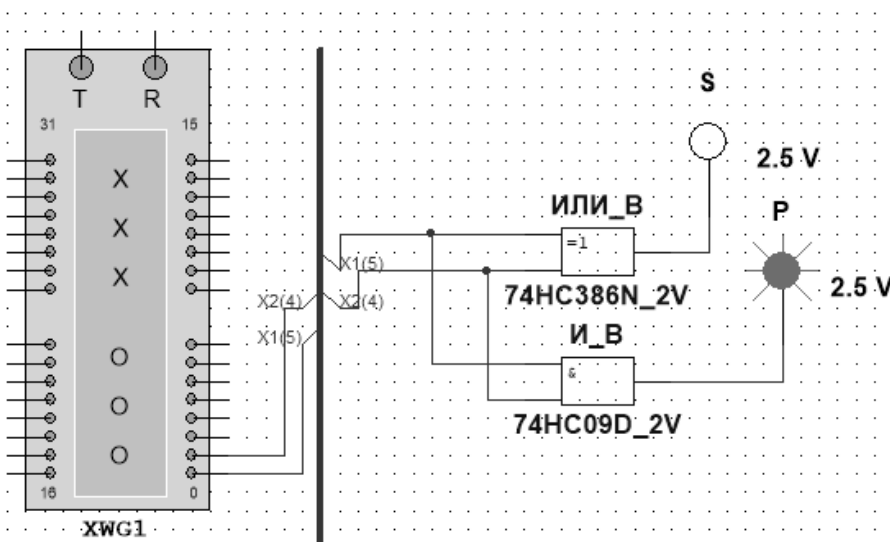


Рис 3. Полусумматор при значениях $X1 = 1$ и $X2 = 1$

Согласно таблице истинности полусумматора, наша схема функционирует правильно.

Сумматор, в отличие от полусумматора, состоит из большего числа элементов. Объясняется это тем, что сумматор, помимо входящих в него слагаемых, принимает также значение переноса в старший разряд, обозначаемый P_{i-1} . На рисунке 4 показана схема сумматора, на который подаются значения $P_{i-1} = 0$, $X1 = 0$, $X2 = 1$. Данная схема состоит пяти элементов: двух элементов Иключающее ИЛИ, двух элементов И и одного элемента ИЛИ. Иначе говоря, схема сумматора состоит из двух схем полусумматора и элемента И. Элементы Иключающего ИЛИ и И используются те же, что были описаны выше. Элемент ИЛИ имеет обозначение 74НС32N_2V и выполняет функцию логического сложения, но, в отличие от элемента Иключающее ИЛИ, выдает на выходе единицу при единичных значениях всех входов.

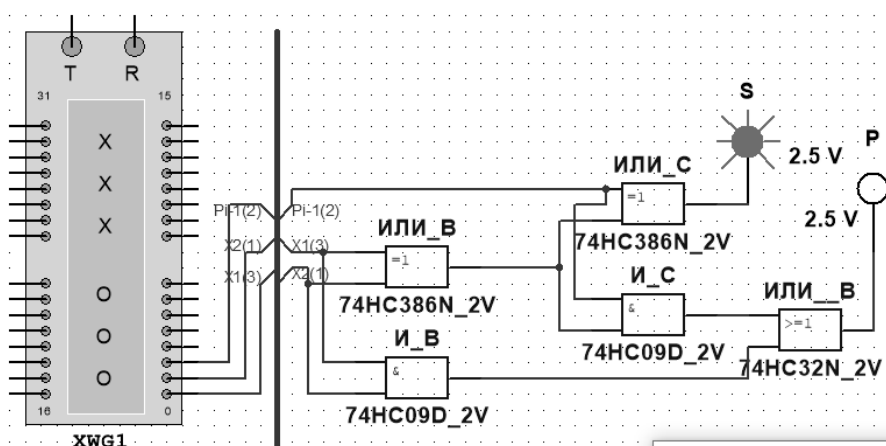


Рис 4. Сумматор при значениях $P_{i-1} = 0$, $X1 = 0$, $X2 = 1$

Рассмотрим случай, когда $P_{i-1} = 1$, $X1 = 1$, $X2 = 1$. На рисунке 5 мы видим, что оба диода горят. Это объясняется тем, что, помимо обыкновенного сложения, как в полусумматоре: $1 + 1 = 10$, мы прибавляем значение переноса $P_{i-1} = 1$, то есть $10 + 1 = 11$. Этим сумматор отличается от полусумматора.

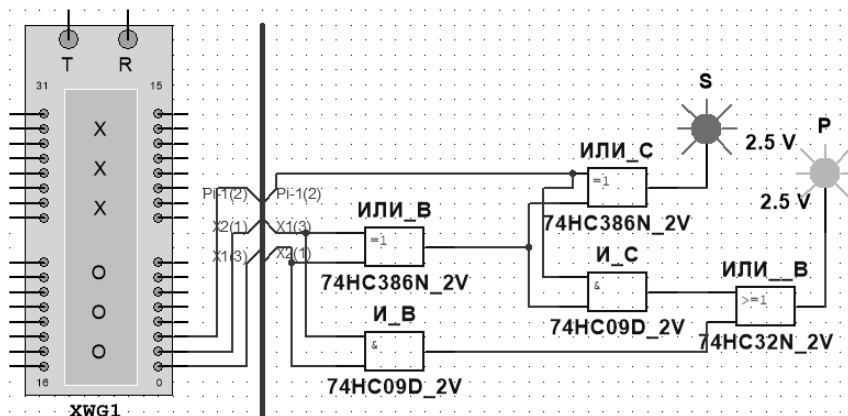


Рис 5. Сумматор при значениях $P_{i-1} = 1$, $X1 = 1$, $X2 = 1$

Согласно таблице истинности сумматора, собранная схема работает правильно.

Изучив составляющие сумматора и полусумматора, отметим, что полусумматор является неотъемлемой частью сумматора, поэтому важно знать и понимать его устройство и принцип работы. Полусумматор, в отличие от сумматора, не учитывает знак переноса, поэтому не может быть использован при сложении, вычитании, делении и умножении многозначных чисел.

Список литературы

[1] *Бабич Н.П.* Основы цифровой схемотехники: Учебное пособие. - М.: ДМК Пресс, 2010. – 480 с.

[2] *Джон Ф. Уэйкерли.* Проектирование цифровых устройств. Том 1. - М.: Постмаркет, 2002. – 1088 с.

Минина Александра Дмитриевна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: alex16071607@gmail.com

Смоляр Екатерина Сергеевна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: gngar@yandex.ru

Максимова Екатерина Александровна – ассистент кафедры "Компьютерные системы и сети" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: 79105903357@yandex.ru

М.В. Иванов, Н.А. Борсук

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ HELPDESK РЕШЕНИЙ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Большинство предприятий на сегодняшний момент имеют в своём распоряжении какие-либо средства общения внутри между сотрудниками предприятия. Для этих целей могут быть, как достаточно старые средства в виде факсов, так и современные, такие как чаты в различных мессенджерах, ip-телефония, СМС и т.д. Однако, если предприятие содержит большой штат сотрудников, которые работают за персональными компьютерами, эти компьютеры обслуживает, чаще всего, отдел технической поддержки.

Так как компьютеры и периферийное оборудование нуждаются в надлежащем обслуживании, периодически случаются проблемы, которые устраняет отдел технической поддержки. Однако, если проблем слишком много, становится достаточно трудно их отфильтровать и как-то их запомнить.

Разумеется, работа отдела постоянно кипит и запросы, посылаемые от пользователей, могут исходить из разных источников. Кто-то написал СМС, кто-то на почте оставил запрос и какие-то проблемы могут запросто потеряться.

Для того, чтобы это не допустить были придуманы информационные системы технической поддержки Helpdesk, которые в свою очередь имеют достаточно различный функционал, но выполняют, по сути, одну и ту же функцию: систематизирование, обработка, трекинг запросов о проблемах от пользователей.

На сегодняшний день на рынке представлено огромное количество данных решений. Они имеют различия в дизайне, функционале, сложности, платформах и соответственно в цене.

Для того, чтобы отделу технической поддержки обеспечить комфортную работу, а пользователям простой способ обращения о проблемах, а также возможность следить за выполнением их обращений предприятием АО «КЗТА» была поставлена задача: обеспечить пользователей и отдел технической поддержки информационной системой технической поддержки HelpDesk. Однако, для того, чтобы это сделать, необходимо провести сравнительный анализ HelpDesk систем и выбрать наиболее подходящую.

К критериям сравнительного анализа можно отнести:

- Наличие необходимого функционала;
- Интеграция с системами компании;
- Простота использования;

- Удобство пользовательского интерфейса;
- Стоимость ПО.
- Далее разберем каждый критерий более подробно.

Необходимый функционал включает в себя отправку запросов о проблемах в отдел поддержки посредством e-mail, этапы выполнения работ по запросу, наличие чата и базы знаний по типичным проблемам и способы их решения.

Интеграция с системами компании предусматривает поддержку системы Microsoft Windows и стабильную работу на ней.

Простота использования подразумевает под собой быстрое освоение программы сотрудниками, которые имеют базовые навыки пользования ПК.

Удобство пользовательского интерфейса должно быть максимально «приятным» для глаз и должно обеспечивать весь первично необходимый функционал в прямом доступе, так как в некоторых ситуациях просто не находится времени «копаться» глубоко в программе, чтобы найти необходимую опцию или отправить запрос. Так же необходимо учитывать, что большинство сотрудников имеют достаточно поверхностные навыки в английском языке и поэтому необходима русификация программы.

Стоимость ПО является одним из самых приоритетных пунктов, так как предприятие имеет довольно большой штат сотрудников, и чтобы обеспечить весь персонал HelpDesk системой необходимо будет потратить большую долю бюджета.

Результаты сравнения каждой из представленных HelpDesk систем сведены в таблицу 1.

Таблица 1. Сравнение аналогов

| Название | Функционал | Интеграция | Простота | Удобство | Стоимость |
|--------------------------|------------|------------|----------|----------|-----------|
| Kayako resolve | + | - | + | + | - |
| Cerberus HelpDesk | + | - | + | + | - |
| vsDesk | - | + | + | + | + |

Помимо перечисленного необходимого функционала каждая из систем обладает дополнительными качествами, которые в той или иной мере могут быть полезными

Kayako Resolve

Кроме основных функций helpdesk, существует множество дополнительных, таких как:

- База знаний
- Веб-портал для пользователей

- API для интеграции с другими сервисами

Из-за большого количества настроек, интерфейс работы с ней несколько перегружен.

Одним из главных минусов данной системы, является отсутствие русификации системы «из коробки» для сотрудников [1].

Serberus HelpDesk

Система нацелена на обеспечение эффективного сотрудничества между сотрудниками. Большой упор идет на создание персонального настраиваемого рабочего места каждого сотрудника [2]. Так, каждый сотрудник может создать для себя несколько «Рабочих пространств» (Workspaces). И размещать на них, что ему необходимо для работы.

Система обладает достаточно скромным функционалом и редко обновляется. К ее основным плюсам можно отнести:

- Возможность создания готовой базы ответов;
- Сотрудников на отделы;
- Онлайн чат.

vsDesk

Система написана на языке PHP, и соответственно имеет очень скромные системные требования.

Существует три группы пользователей: пользователь, исполнитель, администратор. Группы фиксированы и нет возможности их редактировать.

vsDesk доступна в двух редакциях: бесплатной («старт») и платной («стандарт»). Редакции различаются функционалом. Версия «старт» обладает необходимым набором функций, вот некоторые из них:

- Управление сервисами – сервисом в vsDesk называется бизнес-услуга, в рамках которой могут возникать заявки или инциденты.
- E-mail уведомления – реализован механизм шаблонов уведомлений, который привязывается к редактируемому статусу заявки и может быть назначен отдельно, как заказчику, так и исполнителю.

При покупке версии «стандарт» к функциям доступным в «Старт» добавлены следующие:

- SMS уведомления – система работает с сервисом sms.ru и имеет настройки и шаблоны, аналогично таковым в email уведомлениях.
- Статистика и отчеты – для пользователя с ролью «Администратор» доступны отчеты по исполнению заявок в разрезах заявителя, исполнителя, в привязке заявок и проблем к КЕ, а также отчет проблемы по сервисам
- Настраиваемые категории – здесь можно настроить самостоятельно категории заявок. В версии «Старт» эта возможность тоже недоступна.

- Переназначение исполнителей – каждый исполнитель имеет возможность переназначить заявку, которая пришла к нему на исполнение. В отличие от версии «Старт», это можно сделать, выбрав из списка требуемого исполнителя.

В результате анализа представленных HelpDesk систем было принято решение о разработке собственной системы, которая объединит достоинства представленных в статье систем и будут учтены недостатки.

Список литературы

[1] Филиппов В. А. Многомерные СУБД при создании корпоративных информационных систем. - М.: Едиториал УРСС, 2001. - 484 с.

[2] Мухин О. И. Моделирование систем. – Пермь: ПГТУ 2010. – 300 с.

[3] Шкрыль А. А. РНР – это просто. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 368 с.

Иванов Михаил Владимирович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: Milsyatinka@yandex.ru

Борсук Наталья Александровна – канд. техн. наук, доцент кафедры "Компьютерные системы и сети" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: borsuk.65@yandex.ru

И.В. Жукова, А.В. Родионов

ТЕСТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ НА КРИСТАЛЛЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ REST-СЕРВИСА

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Введение. В настоящее время на промышленном предприятии АО «КЭМЗ» разрабатывается микросборка для использования в устройствах связи. Существуют две проблемы, связанные с тестированием данного проекта:

1. Отсутствие методики проведения функциональной верификации и самой системы тестирования.
2. Проблема доступа к ресурсам проекта, поскольку над проектом работают несколько инженеров, исходные файлы проекта хранятся на компьютере разработчика, передача данных на флеш-накопителях запрещена.

Постановка задачи. Цель работы – разработка системы тестового окружения и моделирования системы на кристалле, включающая в себя следующие составляющие:

1. определение этапов и средств разработки проведения функциональной верификации проекта
2. решение проблемы доступа к ресурсам

Основная часть. Поскольку система на кристалле, с которой ведется работа, находится в стадии разработки, сквозная верификация является единственным приемлемым способом контроля функциональных особенностей устройства, так как так как применима на любой стадии разработки [1, 2]. Для создания RTL-моделей будет использоваться язык программирования Verilog, поскольку на предприятии используется только лицензионная среда разработки Xilinx ISE. Для решения проблемы доступа к ресурсам принято решение использовать REST-сервис (Representational State Transfer – «передача состояния представления»). Структурная схема комплекса технических средств облачной технологии изображена на рисунке 1 [3-5].

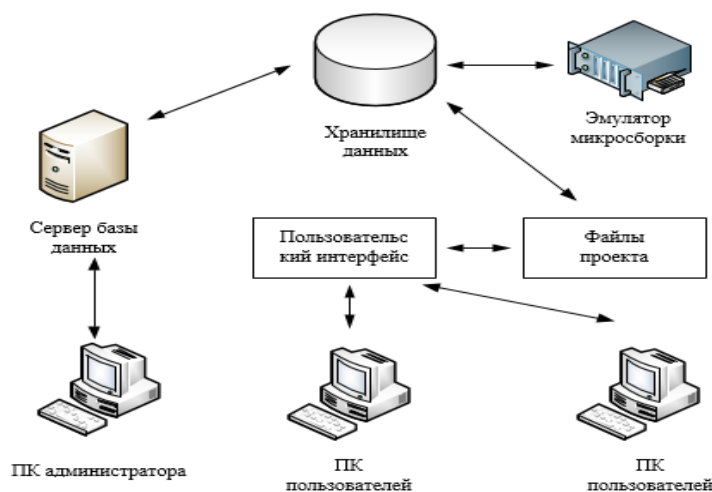


Рис. 1. Структурная схема комплекса технических средств

Систематизированные данные по методам и средствам тестирования приведены в таблице 1 в порядке проведения испытаний.

Таблица 1. Методы и средства тестирования проекта

| Этап верификации | Метод решения задачи | Средства разработки | Полученные на выходе данные |
|--|--|--|---|
| 1) Имитационная верификация (модульный уровень) [6]. | Проверка работы отдельных модулей проекта | Языки Verilog, System Verilog, среда Xilinx ISE | RTL-модели модулей проекта, отчеты |
| 2) Имитационная верификация (системный уровень) [7]. | Соединение модулей проекта, проверка работы всей системы | Языки Verilog, System Verilog, среда Xilinx ISE | Симулятор системы на кристалле |
| 3) Экспертиза (инспекция кода) | Умозрительный и автоматизированный анализ кода | Среда CodeCollaborator | Отчеты о логических ошибках кода |
| 4) Формальная верификация | Абстрактная математическая модель алгоритмов | Сети Петри | Проверка достижимости и безопасности алгоритмов |
| 5) Решение проблемы доступа к ресурсам | Обмен данными по локальной сети с помощью REST-сервиса | REST-сервис, язык программирования GO, язык HTML, среда Adobe Dreamweaver для создания пользовательского интерфейса, протокол HTTP | Облачная технология хранения данных в локальной сети, удобство обмена файлами проекта |

Заключение. В ходе работы были получены следующие результаты:

- Выбрана концепция функциональной верификации проекта (сквозная)
- Определены этапы функциональной верификации проекта
- Систематизированы данные по методам, средствам и инструментам тестирования
- Разработана концепция облачной технологии, позволяющей решить проблему доступа нескольких инженеров к ресурсам проекта
- Определены средства разработки облачной технологии.

В дальнейшем планируется опробовать данную методику на микросборке МЛ057, которая разрабатывается предприятием АО «КЭМЗ». Результаты эксперимента будут приведены в последующих статьях. Разработанная облачная технология может быть применена как для данного проекта, так и для других проектов.

Список литературы

[1] *Р.А. Баратов, А.С. Камкин, В.М. Майорова, А.Н. Мешков, А.А. Сортов, М.А. Якушева.* Трудности модульной верификации аппаратуры на примере буфера команд микропроцессора «Эльбрус-2S». // Вопросы радиоэлектроники, № 3, 2013. С. 84- 96.

[2] *Тарасов И.Е., Певцов Е.Ф.* Программируемые логические схемы и их применение в схемотехнических решениях. – М.: МГТУ МИРЭА. – 2012.

[3] *Канашкин В.В., Миронов В.В.* Иерархические виджеты: опыт применения в веб-приложении на основе ситуационно-ориентированной базы данных // Вестник УГАТУ. 2013. Т. 18, № 2 (63). С. 185-196.

[4] *Макарова Е.С., Миронов В.В.* Проектирование концептуальной модели данных для задач WEB-OLAP на основе ситуационно-ориентированной базы данных // Вестник УГАТУ. 2015. Т. 16. № 6 (51). С. 177-188.

[5] *Миронов В.В., Гусаренко А.С., Дмитриев Р.Р., Сарваров М.Р.* Создание персонализированных документов на основе ситуационно-ориентированной базы данных // Вестник УГАТУ. 2016. Т. 18. № 4 (65). С. 191-197.

[6] *Тарасов И.Е.* Разработка цифровых устройств на основе ПЛИС Xilinx с применением языка VHDL, Горячая линия – Телеком, 2005.

[7] *Мосин С.Г.* Подход к выбору метода тестирования сложных интегральных схем на основе стоимостной модели. – Управление большими системами: сборник трудов, выпуск № 41, 2013 г., с. 344-355.

Жукова Ирина Владиславовна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: zhuckizhuk@gmail.com

Родионов Андрей Викторович – канд. техн. наук, доцент кафедры "Компьютерные системы и сети" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: andviro@gmail.com

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 15.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ

И ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ..... 3

Асваров А.З., Горбунов А.К.

Алгоритм для кодов Хэмминга и Рида-Миллера..... 4

Игнатов М.О., Горбунов А.К., Чухраева А.И.

Алгоритм случайного доступа к системе из двух каналов 8

Богомолов А.Ю., Горбунов А.К.

Вероятностные характеристики радиоканала 10

Крицкая А.Р., Горбунов А.К., Лысенко М.М.

Вывод уравнения кинетических и транспортных форм переноса информации 14

Таганова О.А., Чухраева А.И., Горбунов А.К.

Декодирование циклических кодов..... 18

Пахаренко А.Р., Горбунов А.К.

Дельта-модуляция с сокращением избыточности в выходной двоичной последовательности 21

Зоз Т.А., Амеличев Г.Э., Горбунов А.К.

Живучесть информационных систем..... 24

Кузнецова А.А., Горбунов А.К.

Живучесть как функция избыточности в сетях связи 28

Чекалова В.В., Амеличев Г.Э., Горбунов А.К.

Защита информации от ошибок..... 32

Кондраев И.А., Горбунов А.К.

Использование избыточности процессоров 35

Елисеев И.И., Горбунов А.К.

Использование сложных сигналов в канале с многолучевостью 37

Крицкая А.Р., Горбунов А.К., Лысенко М.М.

К вопросу моделирования информационных потоков на базе уравнения энерготехнологических процессов 40

Кодубенко В.И., Юдаева А.А., Горбунов А.К.

Канал с зашумленной обратной связью..... 44

Фетисов М.С., Стамов Р.А., Радченко И.Н.

Квантовомеханический эффект Унру 46

Акимова Е.В., Горбунов А.К.

Конструкция блочно-сверточных каскадных кодов..... 49

| | |
|---|----|
| <i>Безбах И.Ж., Аксенов С.С.</i> Магнитное поле как технологическое средство при росте кристаллов полупроводников | 52 |
| <i>Петрова А.С., Горбунов А.К.</i> Минимизация обучаемых конечных автоматов..... | 55 |
| <i>Чураков А.А., Горбунов А.К.</i> Многопроводное декодирование..... | 57 |
| <i>Сальникова А.А., Горбунов А.К.</i> Некоторые методы устранения избыточности в космической информации | 60 |
| <i>Медведев М.А., Горбунов А.К.</i> О методах определения весовых коэффициентов для дискретного сложения сигналов, принятых по параллельным каналам | 63 |
| <i>Буданова Н.В., Горбунов А.К.</i> О метриках для марковского канала | 67 |
| <i>Рафикова А.Б., Малышев И.Е., Горбунов А.К.</i> О надёжности вычислительных систем | 69 |
| <i>Смирнова А.А., Малышев И.Е., Горбунов А.К.</i> Об информационной избыточности множества зависимых проверок | 73 |
| <i>Белоногов Д.А., Горбунов А.К.</i> Об одной системе со случайным множеством доступов | 76 |
| <i>Мионов А.А., Горбунов А.К.</i> Обеспечение целостности информации в автоматизированных системах..... | 79 |
| <i>Кузнецова А.А., Горбунов А.К.</i> Оптимальные измерения параметров квантовых сигналов | 81 |
| <i>Волнотепова Е.А., Зорина П.А., Горбунов А.К.</i> Оценка информационной скорости статистик | 84 |
| <i>Богомолов А.Ю., Горбунов А.К.</i> Оценка качества каналов | 87 |
| <i>Кодубенко В.И., Юдаева А.А., Горбунов А.К.</i> Передача дискретных сообщений с адаптацией характеристик сигналов..... | 90 |
| <i>Полторацкий А.Г., Чухраева А.И., Горбунов А.К.</i> Передача информации в коллективе радиостанций | 93 |
| <i>Рыбкин К.С., Горбунов А.К.</i> Передача сообщений с управлением излучаемой мощностью при коллективном использовании энергетического ресурса | 95 |

| | |
|--|-----|
| <i>Сальникова А.А., Горбунов А.К.</i> Перспективы развития алгоритмов и структур спецпроцессоров и преобразования предварительной обработки изображений..... | 97 |
| <i>Кучер М.Ю., Размахов И.В., Горбунов А.К.</i> Повышение надежности информационного обмена в сетях | 100 |
| <i>Лосева А.О., Малышев И.Е., Горбунов А.К.</i> Повышение работоспособности системы управления | 104 |
| <i>Байманов Р.Р., Горбунов А.К.</i> Помехоустойчивое кодирование | 108 |
| <i>Соколов А.В., Горбунов А.К.</i> Построение модели дискретного канала | 110 |
| <i>Сальникова А.А., Кодубенко В.И., Горбунов А.К.</i> Преобразование Фурье при информационной избыточности БПФ | 115 |
| <i>Туруева Д.С., Малышев И.Е., Горбунов А.К.</i> Процедуры оптимизации | 117 |
| <i>Ельцов А.С., Зорина П.А., Горбунов А.К.</i> Реализация процедуры циклического кодирования | 120 |
| <i>Зубенко К.А., Зорина П.А., Горбунов А.К.</i> Свойства q-ичных кодов | 124 |
| <i>Петрухин М.М., Горбунов А.К.</i> Сети связи управляющей машины с технологическим объектом | 127 |
| <i>Селиванов И.Д., Горбунов А.К.</i> Сжатие данных | 130 |
| <i>Келлер В.А., Размахов И.В., Горбунов А.К.</i> Сжатие данных как проблема байесовского оценивания | 135 |
| <i>Роденкова Н.В., Амеличев Г.Э., Горбунов А.К.</i> Система управления комплексов связи | 138 |
| <i>Юдаева А.А., Кодубенко В.И., Горбунов А.К.</i> Совершенствование методов экстраполяции для сжатия данных в системах ДИКМ..... | 141 |
| <i>Непогодина Я.В., Силаева Н.А., Логинова А.Ю.</i> Современные перспективные направления в технологии удаления аммонийного азота из сточных вод..... | 144 |
| <i>Септаров С.С., Горбунов А.К.</i> Сокращение избыточности в информационных массивах | 149 |
| <i>Гнатюк П.Р., Горбунов А.К.</i> Сокращение избыточности информационных моделей отображаемых объектов | 153 |

| | |
|---|-----|
| <i>Абрамов А.Е., Горбунов А.К.</i> Сокращение избыточности многоградационных изображений | 156 |
| <i>Мионов М.А., Горбунов А.К.</i> Уменьшение избыточности линейных задач оптимизации в АСУТП | 160 |
| <i>Перельмутер Э.А., Амеличев Г.Э., Горбунов А.К.</i> Управление избыточностью сигналов в нестационарных каналах | 162 |
| <i>Безбах И.Ж., Аксенов С.С.</i> Усовершенствованная аппаратура для кристаллизации белков | 164 |
| <i>Габдуллин Р.В., Размахов И.В., Горбунов А.К.</i> Устранение импульсных помех | 166 |
| <i>Камзаракова Е.Р., Горбунов А.К., Чухраева А.И.</i> Устранение технологической и аппаратурной избыточности в информационной сети..... | 169 |
| <i>Крицкая А.Р., Горбунов А.К., Лысенко М.М.</i> Формализация потока информации применительно к процессу обучения | 172 |
| <i>Байманов Р.Р., Горбунов А.К.</i> Энтропийная и среднеквадратичная адаптация цифровых кодеков формы сигналов..... | 175 |
| СЕКЦИЯ 16. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И СИСТЕМЫ; ЭЛЕМЕНТЫ И УСТРОЙСТВА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ | 177 |
| <i>Бурсин Д.В., Борсук Н.А.</i> Анализ возможностей QT для мобильных приложений | 178 |
| <i>Калупин М.И., Борсук Н.А.</i> Анализ и исследование библиотеки React js с использованием firebase... | 180 |
| <i>Шершнев К.В., Борсук Н.А.</i> Анализ особенностей интеллектуальной системы "умный дом" | 182 |
| <i>Прохоров В.А., Борсук Н.А.</i> Достоинства и недостатки javascript-фреймворка angularjs для разработки web-страниц и приложений..... | 184 |
| <i>Нарулева Д.И., Зайцев Р.В., Чухраев И.В., Донецков А.М.</i> Использование методов экспертных оценок при выборе микроконтроллера | 186 |
| <i>Калупин М.И., Смоляр Е.С., Донецков А.М.</i> Использование сетей Петри для моделирования плана эвакуации | 189 |
| <i>Ильичев В.И., Борсук Н.А., Чухраев И.В.</i> Исследование и сравнение современных фреймворков кроссплатформенной мобильной разработки | 192 |

| | |
|--|-----|
| <i>Кузьминский А.В., Борсук Н.А.</i> Исследование основных задач, решаемых при реализации интерпретаторов и языковых виртуальных машин | 196 |
| <i>Минина А.Д., Борсук Н.А.</i> Контекстная реклама для тематического web-ресурса | 199 |
| <i>Минина А.Д., Донецков А.М.</i> Моделирование ликвидации пожара службами экстренной помощи | 203 |
| <i>Погорелов Н.К., Борсук Н.А., Чухраев И.В.</i> ПЛИС. Понятие, разновидности, области применения | 206 |
| <i>Лавренков Ю.Н., Цыганков И.С.</i> Применение искусственных дендритных деревьев для моделирования взаимодействия нейроэлементов в спайковых нейронных сетях | 209 |
| <i>Смоляр Е.С., Борсук Н.А.</i> Разработка web-галереи с использованием функций ретуширования и слайдирования | 213 |
| <i>Бурмистров Д.А., Борсук Н.А.</i> Разработка интерфейса для системы оповещения | 216 |
| <i>Колосветов М.С., Борсук Н.А.</i> Разработка мобильного приложения расписания занятий под операционную систему Android | 218 |
| <i>Касатиков В.М., Соскин И.В., Родионов А.В.</i> Реализация интернет ресурса «спортивная школа фаворит», интегрированного с мессенджером «Telegram»..... | 220 |
| <i>Орлова М.Д., Борсук Н.А.</i> Создание веб-приложения для слабовидящих | 222 |
| <i>Перевезенцев П.А., Шершнев К.В., Донецков А.М.</i> Сравнение алгоритмов моделирования | 224 |
| <i>Перевезенцев П.А., Борсук Н.А., Чухраев И.В.</i> Сравнение производительности анимации Svg-элементов в современных Ui-фреймворках | 226 |
| <i>Потемкин А.С., Борсук Н.А.</i> Сравнение современных Js-фреймворков для создания одностраничных приложений | 229 |
| <i>Минина А.Д., Смоляр Е.С., Максимова Е.А.</i> Сравнительный анализ сумматора и полусумматора..... | 232 |
| <i>Иванов М.В., Борсук Н.А.</i> Сравнительный анализ существующих HelpDesk решений | 237 |
| <i>Жукова И.В., Родионов А.В.</i> Тестирование системы на кристалле с применением REST-сервиса | 241 |
| СОДЕРЖАНИЕ | 244 |

**НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ
В ПРИБОРО - И МАШИНОСТРОЕНИИ
И РАЗВИТИЕ ИННОВАЦИОННОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ВУЗЕ**

**Материалы
Региональной научно-технической конференции**

Том 4

Научное издание

Все работы публикуются в авторской редакции. Авторы несут ответственность за подбор и точность приведенных фактов, цитат, статистических данных и прочих сведений.

Подписано в печать 20.04.2017.
Формат 60x90/16. Печать офсетная. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Печ. л. 15,56. Усл. п. л. 14,47. Заказ № 71

Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана
107005, Москва, 2-я Бауманская, 5

Оригинал-макет подготовлен и отпечатан в Редакционно-издательском отделе
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана
248000, г. Калуга, ул. Баженова, 2, тел. 57-31-87