Министерство образования и науки Российской Федерации

Российская академия наук

Национальный фонд подготовки кадров

Труды XVI Всероссийской научно-методической конференции

Телематика'2009

Том 1. Секция **А**

22–25 июня 2009 года, Санкт-Петербург

Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики

Государственный научно-исследовательский институт информационных технологий и телекоммуникаций "Информика", Москва

При поддержке Американского благотворительного фонда "Информатизация"

В сборнике размещены **298 статей**, представляющих четыре секций:

Секция А. Информационные ресурсы и технологии в образовании
Сопредседатели: **Иванников А.Д., Сытник А.А., Кривошеев А.О.**

Секция В. Технологии и инфраструктура телекоммуникаций
Сопредседатели: **Ижванов Ю.Л., Терещенко П.Г., Куракин Д.В.**

Секция С. Виртуальные среды, имитационные технологии и тестирование в образовании и науке
Сопредседатели: **Старых В.А., Тозик В.Т., Бояшова С.А.**

Секция D. Технологии распределенных вычислений и компьютерного моделирования в образовании и науке
Сопредседатели: **Ильин В.А., Бухановский А.В.**

Сборник издан в двух томах с единой нумерацией страниц:
в первом томе – секция **А,** во втором – **В**, **С**, **D**.

Статьи в сборнике упорядочены по городу проживания авторов в пределах каждой секции.
Для поиска статьи участника конференции из определенного города приведено оглавление каждой секции по городам (**с. 17** и **456**).

Для поиска по фамилии в конце каждого тома приведен индекс фамилий всех авторов статей (**с. 243** и **457**).

В статьях, имеющих более одного автора, фамилии докладчиков подчеркнуты.

По всем организационным вопросам обращаться в Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики:
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49. Оргкомитет конференции "Телематика'2009".
E-mail: sergeev@mail.ifmo.ru

УДК 001.3:061.61

ISBN 978-5-7577-0337-4

9 785757 703374

существенное влияние на регистрируемые сигналы, внося дополнительные сложности в процесс интерпретации полученных результатов. Как следствие, выяснилось, что детальный анализ информации, получаемой от сложных биологических систем, и прогнозирование их поведения при использовании наряду с известными классическими подходами новых методик, указанных выше, не могут быть проведены в реальном масштабе времени без применения методов либо параллельной, либо распределенной обработки данных.

Отметим, что существует целый ряд направлений исследований (в их числе – использование информационно-коммуникационных технологий в биологии и медицине), для которых время, в течение которого производится обработка соответствующих сигналов, является критичным параметром. Одним из таких направлений является разработка и использование нейрокомпьютерного интерфейса.

В рамках работ по созданию нейрокомпьютерного интерфейса на кафедре цифровых технологий факультета компьютерных наук Воронежского государственного университета был сформирован программно-аппаратный комплекс для проведения исследований, основанный на распределенной обработке электрофизиологических и визуальных сигналов. Он используется для регистрации, анализа, интерпретации, представления и мониторинга данных. Комплекс обеспечивает проведение физиологических исследований, охватывающих в своей области применения практически все электрофизиологические методики, реализуемые неинвазивно на человеке.

Комплекс имеет модульную структуру. Обмен информацией между модулями комплекса обеспечивается механизмом сокетов, что является стандартным способом сетевого взаимодействия. Такой подход позволяет легко изменять текущую конфигурацию комплекса и подключать к нему дополнительные вычислительные модули. Сетевой способ взаимодействия модулей дает возможность создавать программные средства практически на любом языке программирования. Таким образом, система является открытой и позволяет пользователям разрабатывать модули обработки информации без привязки к конкретному языку программирования.

Данные, полученные в результате работы отдельных модулей, можно напрямую загружать в специальные программные пакеты, такие как *MathLab* и *GNU R*, со всеми их временными маркерами и информацией о конфигурации системы. Подобный подход существенно увеличивает область использования комплекса, давая возможность исследователям применять для анализа весьма разнородной информации стандартные программные пакеты с встроенным в них мощным математическим аппаратом.

В настоящее время созданы модули для фильтрации сигналов с применением различных фильтров на основе преобразования Фурье, непрерывного и дискретного вейвлет-преобразований, для расчёта авто- и кросс-корреляций, а также реализующие ряд оригинальных методик на основе вейвлет-преобразований и нейросетевой классификации (многослойные персептроны). Основные компоненты системы выполнены на языке *Python*, поэтому она может работать на платформах с практически любыми современными операционными системами.

Созданная система апробирована с компьютерным энцефалографом "*Нейрон-Спектр-4*". Этот прибор имеет 21 канал данных, частоту дискретизации 5 кГц и разрядность АЦП 16 бит. При этом объём информации, который надо обработать в единицу времени в соответствии с используемыми алгоритмами, существенно превышает возможности одного персонального компьютера, даже снабженного 4-ядерным процессором.

Разработанная система является открытой и многофункциональной, что позволяет рассчитывать на её дальнейшее широкое применение исследователями в области биологии и медицины, а также при подготовке высококвалифицированных специалистов в этих областях.

Работа частично поддержана Российским фондом фундаментальных исследований, грант № 09-01-97530-р_центр_а.

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ БАЗИСЫ В ПРОСТРАНСТВЕ МНОГОЧЛЕНОВ

Г.Г. Исламов, А.Г. Исламов, О.Л. Лукин
Удмуртский государственный университет, г. Ижевск
Тел.: (3412) 72-02-94 (дом.), (3412) 91-60-90 (раб.), e-mail: ggislamov@udm.net

Многочлены степени $\le n$ образуют конечномерное пространство размерности $n+1$. Степенной базис Абеля $e_0(t) \equiv 1,\ e_1(t) = t,\ \ldots,\ e_n(t) = t^n$ обладает уникальными свойствами, которые обеспечили ему широкую популярность. Например, мультипликативное свойство $e_{k+l}(t) = e_k(t) \cdot e_l(t)$ лежит в основе схемы Горнера вычисления значения многочлена $P_n(t) = \sum_{k=0}^{n} a_k t^k$ в заданной точке ξ и определения координат в степенном базисе частного от деления $P_n(t)$ на разность $t - \xi$. Краткая форма, аналогичная записи $P_n(t) = [a_0,\ a_1,\ \ldots, a_n]$ с припиской «в степенном базисе», будет применяться для указания коэффициентов многочлена $P_n(t)$ в любом другом базисе. Так схема

Горнера, в свою очередь, позволяет получать переразложение вида $P_n(t)=\sum_{k=0}^{n} b_k(t-\xi)^k=[b_0,b_1,\ ,\ldots,b_n]$ в базисе Тейлора $e_0(t)\equiv 1,\ e_1(t)=t-\xi,\ \ldots,\ e_n(t)=(t-\xi)^n$. Если $P_n(t)$ имеет лишь вещественные корни, то число перемен знака в последовательности $[a_0,\ a_1,\ \ldots,a_n]$, в которой вычеркнуты нулевые элементы, согласно правилу Декарта равно числу положительных корней этого многочлена. Заметим, что в качестве $P_n(t)$ можно взять характеристический многочлен симметрической вещественной матрицы. Это замечательное свойство Декарта базиса Абеля очевидным образом переносится на базис Тейлора: число перемен знака в последовательности $[b_0,\ b_1,\ \ldots,b_n]$ с зачёркнутыми нулевыми элементами равно числу корней многочлена $P_n(t)$, которые больше ξ. Следующим по важности общим свойством базисов Абеля и Тейлора является дифференциальное свойство: для $\alpha_k=k,\ k\ge 1$ имеем

$$e_0(t)\equiv 1,\ e_k'(t)=\alpha_k e_{k-1}(t),\ k\ge 1. \qquad (1)$$

Зафиксируем натуральное n. Из рекурсии (1) видно, что начальное условие $e_k(0)=\beta_k,\ k\ge 1$ при произвольно заданной последовательности чисел $\{\beta_k\}_{k=1}^{\infty}$ и последовательности ненулевых величин $\{\alpha_k\}_{k=1}^{\infty}$ однозначно определяет базис $\{e_k(t)\}_{k=0}^{n}$ в пространстве многочленов степени $\le n$. Этот базис мы называем фундаментальным базисом, порождённым парой $\alpha=\{\alpha_k\}_{k=1}^{\infty}$, $\beta=\{\beta_k\}_{k=1}^{\infty}$. Интерес к фундаментальным базисам очевиден. Операции дифференцирования и интегрирования многочленов, имеющих разложение $P_n(t)=[c_0,\ c_1,\ \ldots,c_n]$ по таким базисам, выполняются просто:

$$P_n'(t)=[\alpha_1 c_1,\ \alpha_2 c_2,\ \ldots,\alpha_n c_n,\ 0],\ \int_0^t P_n(s)ds=[-\sum_{k=0}^{n} c_k\beta_{k+1}/\alpha_k,\ c_0/\alpha_1,\ c_1/\alpha_2,\ \ldots,c_n/\alpha_{n+1}].$$

При этом заметим, что операция интегрирования выводит в более широкое пространство многочленов. Но это не мешает в полной мере воспользоваться дифференциальным свойством фундаментальных базисов при решении прикладных задач. Другие примеры фундаментальных базисов доставляют базисы Бернулли $\{B_k(t)\}_{k=0}^{\infty}$ и Эйлера $\{E_k(t)\}_{k=0}^{\infty}$. Здесь, как и в случае базисов Абеля и Тейлора, следует положить $\alpha_k=k,\ k\ge 1$. Однако в качестве начальных значений в задаче (1) требуется взять соответственно числа Бернулли $\beta_k=B_k=B_k(0)$, которые последовательно можно найти из рекурсии $B_0=1,\ \sum_{l=0}^{k-1} C_k^l B_l=0,\ k\ge 2$, и «начальные числа Эйлера» $\beta_k=E_k(0)=-2(k+1)^{-1}(2^{k+1}-1)B_{k+1}$. Здесь $C_k^l=\dfrac{k!}{l!(k-l)!}$ - биномиальные коэффициенты. Заметим, что базисы Бернулли и Эйлера уже не обладают мультипликативным свойством и свойством Декарта. Схема Горнера для них естественно не имеет места. Однако они обладают другими, не менее важными свойствами. Из всего многообразия свойств базисов Бернулли и Эйлера (см., например, [1]) отметим следующие полезные соотношения, имеющие место для любого натурального числа k: $B_k(t+1)-B_k(t)=k\,t^{k-1},\ E_k(t+1)+E_k(t)=2\,t^k$.

В настоящей работе технология параллельного программирования NVIDIA CUDA (Compute Unified Device Architecture) [2] применяется для разработки многопоточных программ, использующих высокопроизводительные многоядерные графические процессоры архитектуры Tesla, для решения следующих задач:

1) Вычисление значения многочлена, заданного координатами в отвечающем паре $\alpha=\{\alpha_k\}_{k=1}^{\infty}$, $\beta=\{\beta_k\}_{k=1}^{\infty}$ фундаментальном базисе.

2) Переразложение многочлена, заданного координатами в фундаментальном базисе, определяемом парой $\alpha=\{\alpha_k\}_{k=1}^{\infty}$, $\beta=\{\beta_k\}_{k=1}^{\infty}$, по новому фундаментальному базису, задаваемому парой $\mu=\{\mu_k\}_{k=1}^{\infty}$, $\nu=\{\nu_k\}_{k=1}^{\infty}$.

3) Нахождение координат произведения двух многочленов, заданных своими разложениями по фундаментальному базису, соответствующему паре $\alpha=\{\alpha_k\}_{k=1}^{\infty}$, $\beta=\{\beta_k\}_{k=1}^{\infty}$.

4) Решение методом наименьших квадратов возникающего в теории электрических цепей линейного интегро-дифференциального уравнения

$$\sum_{k=0}^{m} p_k(t) y^{(k)}(t) + \sum_{j=0}^{l} q_j(t) \int_0^t r_j(s) y^{(j)}(s) ds = f(t),\ t \in [0,T],$$

где полиномиальные коэффициенты $p_k(t),\ q_j(t),\ r_j(t)$ заданы координатами в фундаментальном базисе, определяемом парой $\alpha = \{\alpha_k\}_{k=1}^{\infty}$, $\beta = \{\beta_k\}_{k=1}^{\infty}$.

5) Минимизация погрешности метода наименьших квадратов в задаче 4) за счёт выбора конечного набора $\alpha = \{\alpha_k\}_{k=1}^{n}$, $\beta = \{\beta_k\}_{k=1}^{n}$.

При решении задачи 4) используются результаты работы [3]. При этом в задаче интерполяции выбирается система равномерных узлов на отрезке $[0,T]$.

Литература

1. Справочник по специальным функциям / Под ред. М. Абрамовица и И. Стиган. М.: Наука, 1979. – 832 с.

2. CUDA Programming Guide: Version 2.0, 6/7/2008 // www.nvidia.com.

3. Исламов Г.Г., Исламов А.Г., Лукин О.Л. Об одном применении чебышевской системы функций // Труды XV Всероссийской научно-методической конференции «Телематика'2008» (23-26 июня 2008 г., Санкт-Петербург). – с. 53-54.

К ВОПРОСУ О НЕПРЕРЫВНОЙ ДИФФЕРЕНЦИРУЕМОСТИ ФУНКЦИЙ НЕСКОЛЬКИХ ПЕРЕМЕННЫХ

В.И. Родионов
Удмуртский государственный университет, г. Ижевск
Тел.: (3412) 91-61-31, e-mail: rodionov@uni.udm.ru

Пусть $\Omega_0 \subseteq \mathbf{R}^n$ – непустое открытое множество; множество Ω такое, что $\Omega_0 \subseteq \Omega \subseteq \overline{\Omega}_0$ (где $\overline{\Omega}_0$ – это замыкание Ω_0); множество Ω_*^{n+1} состоит из таких упорядоченных наборов $\langle x_0, x_1, \ldots, x_n \rangle$, $x_i \in \Omega$, что векторы $\Delta x_1, \ldots, \Delta x_n$ (где $\Delta x_i \doteq x_i - x_0$) образуют ортогональный репер с началом в точке x_0, причем выпуклая оболочка $\operatorname{conv}\{x_0, x_1, \ldots, x_n\}$ содержится в Ω. Матрица $\Delta x \doteq \operatorname{col}(\Delta x_1, \ldots, \Delta x_n)$ состоит из элементов $\Delta x_{ij} \doteq x_{ij} - x_{0j}$, где через x_{ij} обозначена j-ая координата точки x_i. Матрица Δx – невырожденная: $\Delta x \cdot \Delta x^T = \operatorname{diag}(\|\Delta x_1\|^2, \ldots, \|\Delta x_n\|^2)$.

Произвольной функции $f:\ \Omega \to \mathbf{R}$ поставим в соответствие функцию $F:\ \Omega_*^{n+1} \to \mathbf{R}^n$,

$$F(x_0, x_1, \ldots, x_n) = \begin{pmatrix} \Delta x_{11} & \cdots & \Delta x_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ \Delta x_{n1} & \cdots & \Delta x_{nn} \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} \Delta f_1 \\ \vdots \\ \Delta f_n \end{pmatrix}, \tag{1}$$

где $\Delta f_i \doteq f(x_i) - f(x_0)$. Если $\Delta f \doteq \operatorname{col}(\Delta f_1, \ldots, \Delta f_n)$, то формула (1) принимает компактный вид $F = (\Delta x)^{-1} \Delta f$, а при $n = 1$ применима традиционная запись $F = \dfrac{\Delta f}{\Delta x}$. Заметим еще, что более правильно было бы писать $F = F(\langle x_0, x_1, \ldots, x_n \rangle)$. Отображение $f \to F$, порожденное формулой (1), имеет канонический характер, и мы исследуем его с самых разных позиций.

Определение. Функция $f:\ \Omega \to \mathbf{R}$ называется *S-дифференцируемой* (или *дифференцируемой в себе*), если для любого $x \in \Omega$ существует конечный предел

$$\lim\nolimits_* F(x_0, x_1, \ldots, x_n), \tag{2}$$

вычисляемый по всем наборам $\langle x_0, x_1, \ldots, x_n \rangle \in \Omega_*^{n+1}$ таким, что $x_0 \to x,\ x_1 \to x, \ldots, x_n \to x$.