

Реализация языка Java-MatLab в распределенных ресурсах сети Интернет

Приводится краткое описание языка математических вычислений Java-MatLab. Рассматривается связь языка, формата FB2+ и распределенных сетевых ресурсов как совокупности сетевых решений, позволяющих создать новый образ современной технической книги, содержащей исполняемые со страницы алгоритмы и наделенной связью с объектами описания.

Ключевые слова: язык программирования, язык программирования высокого уровня, сетевое программирование, техническая книга, сетевая робототехника, живые книги, исполняемые алгоритмы

N. A. Balonin, M. B. Sergeev

Java-MatLab Language Release to Distributed Internet Resources

A brief description of Java-MatLab language of mathematical calculations have been done. The relationship of the language, format FB2+ and distributed network resources have been observed. The set of network solutions to create a new image of the modern technical book with pages containing executable algorithms connected to the real objects have been proposed.

Keywords: programming languages, high level languages, network programming, technical book, network robotics, living books, executable algorithms

Введение

Рост возможностей сети Интернет приводит к переносу на серверы математического обеспечения, прежде используемого на персональных компьютерах. В качестве примера можно привести математическую систему "Математика", ее сетевая версия проявилась в 2009 г. на сайте [1], выдающем полноценную справку по аналитическому и численному решению дифференциальных уравнений, символьным вычислениям и многим другим разделам математики.

Одна из составляющих этой тенденции — создание формата CDF (*Computable Document Format*), способного привнести элементы математических вычислений в формат PDF [2]. Такое решение логично и исполнимо непосредственно в сети Интернет, поскольку есть два существенных фактора. Во-первых, к настоящему времени создателями сетевых ресурсов (сайтов, научных сетей) накоплен значительный опыт и необходимое программное обеспечение, а во-вторых, неотъемлемым атрибутом CDF-формата видится

не только исполнение математических операций, но и связь компьютера пользователя через сеть Интернет с различными распределенными системами: сенсорами, эффекторами, учебными и научными стендами, специализированной аппаратурой и т. д. [3, 4].

В статье предлагается реализация сетевого языка математических вычислений Java-MatLab и формата FB2+, призванного расширить возможности существующей версии до использования математических вычислений в сети Интернет в режиме on-line.

Матричные операции в Java-MatLab

Язык Java-MatLab и система его реализации, разработанные авторами в рамках выполнения НИР [4] и развитые дальнейшими работами, поддерживаются на Интернет-ресурсах mathscinet.ru и livelab.ru, имеющих научную и учебную направленность [5, 6]. Оба ресурса подключены к пространственно-распределенным в сети Интернет научным и учебным стендам, к данным которых, как к сайту сети, обеспечен доступ одновре-

менно специалистов и студентов. Обработка информации со стендов ведется непосредственно в сети с использованием привычных в системе MatLab операций векторно-матричного исчисления.

Матричные операции изначально не были включены в стандарт языка Javascript. Поэтому для выделения исполняемых браузером матричных выражений была предложена конструкция с использованием двойных фигурных скобок $\{\{\dots\}\}$. Весь исполняемый в тексте Интернет-сообщения алгоритм вычисления должен размещаться между тэгами:

$\{\{\text{матричные операции}\}\}$

С помощью предкомпилятора содержимое фигурных скобок транслируется с языка векторно-матричного исчисления в Javascript. Такому исполнению авторы дали название Java-MatLab. В его реализации определены все основные матричные операции: транспонирование $\{\{X = A'\}\}$, алгебраические сложение $\{\{X = A + B\}\}$, умножение $\{\{X = A*B\}\}$, левое $\{\{A = A\backslash B\}\}$ и правое $\{\{X = B/A\}\}$ умножение на обратную матрицу, а также поточечные операции: произведение и деление Адамара $\{\{X = A.*B; X = A./B\}\}$.

Выбор конструкций циклов и индексация элементов матриц с нуля, а не с единицы, как в MatLab, был выбран потому, что такой тип обозначений сейчас наиболее распространен в языковой практике. Предложение не ломать, а использовать сложившиеся привычки программистов значительно повысило эффективность использования инструмента. Возник синтетический язык, вобравший в себя оба начала: синтаксисы распространенного пакета векторно-матричного исчисления и распространенного в сети Интернет языка с синтаксисом Java. Этот синтез, резюмируя сказанное выше, и отражается в названии Java-MatLab.

В рассматриваемой реализации языка матричные формулы пишут плотно, без пробелов. Функции размещают за скобками, например, кронекерово произведение матриц выглядит как $A=\text{kron}(B,C)$. Всего на сегодня реализовано около сотни функций [5].

С помощью Java-MatLab решают стандартные задачи линейной алгебры, включая решение систем линейных алгебраических уравнений и алгебраическую проблему собственных чисел. Этот базис позволяет развернуть процедуры анализа и синтеза линейных динамических систем, метод Рунге-Кутты, частотный анализ систем и сигналов, безошибочное решение целочисленных систем уравнений и т. п. Текущая реализация обеспечивает возможность написания и подключения пользовательских тулбоксов.

Моделирование динамических систем. По традиции язык включает в себя средства моделирования линейных динамических систем, описываемых матрицами модели пространства состояний или коэффициентами числителя N и знаменателя D передаточной функции $Q(p)=N(p)/D(p)$. Типичный сценарий выглядит следующим образом: $\langle \text{math} \rangle t=\text{time}(10); u=\text{one}(t); N=1; D=[1,2,1]; y=\text{lsim}(N,D,u,t); \text{plot}(t,u,y); \langle /\text{math} \rangle$. В данном случае оператор $t=\text{time}(10)$ задает вектор от-

счетов времени, $u=\text{one}(t)$ генерирует входной ступенчатый сигнал, векторы $N=1; D=[1,2,1]$ содержат числитель и знаменатель передаточной функции, $y=\text{lsim}(N,D,u,t)$ рассчитывает выходной сигнал системы по входному, $\text{plot}(t,u,y)$ выводит графики процессов.

Базовые вычисления линейной алгебры. Решение систем линейных алгебраических уравнений $Ax=b$ тривиально, поскольку выполняется пользователем на уровне записи вида: $\langle \text{math} \rangle A=[1,2,1], [2,1,2], [1,2,1]; b=[4,5,4]; \{\{x=A\backslash b\}\} \text{puts}(\text{'решение:'}+x); \langle /\text{math} \rangle$. Здесь $A=[1,2,1], [2,1,2], [1,2,1]$ описывает построчно элементы матрицы системы уравнений, $b=[4,5,4]$ задает ее правую часть. Далее следует, собственно, решение и вывод данных в строку с комментарием.

Строчную и столбцовую размерности матрицы возвращают функции $n=\text{rows}(A)$ и $m=\text{cols}(A)$. Это удобно для организации типичных циклов, где в качестве верхнего предела указывают n или m . На первом месте в $A[i][j]$ стоит, как и положено, индекс строки, хотя нумерация элементов начинается с нуля.

Вещественную жорданову форму D матрицы $A=VD/V$ и собственные векторы матрицы возвращает подпрограмма $D=\text{eig}(A)$, $V=\text{eigv}(A)$, и то и другое можно найти с помощью операторов $M=\text{eigs}(A)$; $D=M[0]$; $V=M[1]$. Диагональ собственных значений выделяет $D=\text{diag}(D)$ или $D=\text{diags}(D)$ — при поиске комплексных величин: тогда D содержит колонки вещественных и мнимых составляющих. Вторичное применение $D=\text{diag}(D)$ снова диагонализует матрицу, что обычно для MatLab.

Ранг матрицы $\text{rank}(A)$, определитель $\text{det}(A)$, число обусловленности $\text{cond}(A)$, разложение Холецкого $\text{chol}(A)$, ортогонализацию по Грамму—Шмидту $\text{orth}(A)$, QR-разложение матрицы $\text{qr}(A)$ и многое другое можно вычислить в данной версии.

Графика и анимация. Графические возможности Интернет-языков Javascript, PHP и прочих наследуются языком Java-MatLab — все, что разработано в этой обширной теперь уже области, автоматически используется в рассматриваемом языке.

Связь языка Java-MatLab с распределенными в сети ресурсами и роботами

Математические вычисления, выполняемые в сети с использованием рассматриваемого языка, могут перетекать в создание информативных "живых" иллюстраций в "живых книгах" [4] и сетевых электронных журналах с исполняемыми алгоритмами [5, 6]. Время таких технологий пришло. Кроме того, коммутативность по отношению к внешним источникам информации, в частности, к сетевым роботам, позволяет для математических расчетов использовать данные с периферийных датчиков и влиять на эффекторы. Стоит отметить, что эта многообещающая сторона on-line использования Java-MatLab предшествующими электронными форматами книжной и журнальной продукции практически не затрагивалась.

Наиболее перспективны для расширяемого связью с роботами электронного ресурса в сети Интернет беспроводные технологии, которые испытывают настоящий бум своего развития. Сегодня область сенсорных решений в сетевых устройствах делят между собой множество реализаций с использованием стандартов передачи данных Wi-Fi, Wi-MAX, Bluetooth, Wireless USB, ZigBee, Home RF и т. д. [7]. Такие реализации легко интегрируются с сетью Интернет и представляют собой основу низкоскоростных беспроводных сетей будущего с низким энергопотреблением, предназначенных для систем управления с большим числом робототехнических узлов [7, 8].

Развитие XML-формата FB2

Эпоха семантического WEB способствовала появлению книг и документов, читаемых на букридерах и смартфонах. Немалую роль в этом сыграли появившиеся и быстро распространившиеся правила оформления документов с содержательными частями, выделенными XML-тэгами. Так это делается, например, в формате FB2.

Имеющиеся в Интернет тэги оформления таблиц вполне подходят для передачи матриц, но они избыточно сложны. Поэтому рационально по образу и подобию того, что произошло в букридерах, предложить тэги для генерации, например, портретов матриц $\langle m \rangle A = \langle [1, 2], [3, 4] \rangle$: опция $\langle /m \rangle$.

Анализ особенностей цветных объемных и плоских портретов матриц Адамара, Мерсенна, Эйлера и Ферма позволил развить содержательную теорию минимаксных ортогональных матриц [9—11], а также выявить неизвестные закономерности и новые артефакты. Очевидно, что с помощью таких матричных построителей можно не только передавать особенности научного исследования, но и вести его, поскольку это не просто иллюстратор, но и часть математического обеспечения, которая уже сегодня является достаточно мощной [12].

Компьютеры постепенно меняют стиль написания математических формул. Например, при помощи клавиатуры определение норм векторов в пространстве R^n проще написать так:

$$\|x\|_1 = \sum_{i=1:n} |x_i|,$$

$$\|x\|_2 = (\sum_{i=1:n} x_i^2)^{1/2}, \quad \|x\|_\infty = \max_{i=1:n} |x_i|,$$

указывая границы индексов у сумм (и у интегралов, если понадобится) внизу, в строчку.

Формат, в котором реализованы указанные и многие другие возможности, развивающие и дополняющие формат FB2, авторы назвали FB2+.

Заключение

Высказанная в работах [1, 2, 12, 13] концепция построения математической сети, разумеется, не должна быть представлена отдельными (штучными) центрами развития с единственным возможным языком математической системы "Математика". Тем бо-

лее, в масштабах сети Интернет. Разработчики из разных стран, математики, инженеры, творческие работники не должны быть ограничены ресурсами какой-либо одной математической империи, сколь бы крупной она ни была. Очень плодотворно на этом направлении скажется развитие хотя бы нескольких альтернативных концепций, в том числе и языка, созданного авторами предкомпилятора Java-MatLab, работающего на сайтах с математической направленностью.

Потребность в социальной сети для математиков, безусловно, назрела, и такая сеть нарастает фрагментами повсеместно, опираясь на частные разработки [13]. Но впереди у этого роста еще более грандиозная задача, поскольку в недалеком будущем громадный робототехнический комплекс будет предопределять жизнь миллионов людей. Этот комплекс будет подключен к сети в виде распределенных в пространстве роботов, и разработки взаимодействующих с ними сетевых ресурсов предвзвоят его появление [14]. Накопление и освещение уникального опыта в этом ключевом направлении современного развития сетевых технологий представляет собой самостоятельную и очень полезную цель, отдельные аспекты которой раскрыты в данной статье.

Список литературы

1. **Сетевой пакет.** URL: <http://wolframalpha.com> — последнее обращение 10.11.2013.
2. **Анонс** математической системы <http://www.wolfram.com/mathematica-online> с форматом CDF сохранения данных — последнее обращение 10.11.2013.
3. **Балонин Н. А., Сергеев М. Б., Балонин Ю. Н.** "Живая книга". Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2012661277 от 11 декабря 2012 г.
4. **Балонин Н. А., Сергеев М. Б., Соловьев Н. В., Востриков А. А., Балонин Ю. Н., Сергеев А. М.** Отчет о НИР "Создание основ реализации дистантных систем обучения на основе технологии "Живая книга". Гос. рег. № 01201278144. СПб: ГУАП, 2013. 27 с.
5. **Математическая сеть "Живая Книга" с Интернет-роботами и стендами.** URL: <http://livelab.spb.ru> (основана в 2013 г.) — последнее обращение 10.11.2013.
6. **Математическая сеть "Скайнет":** технологии верстки физико-математической литературы с исполняемыми алгоритмами. URL: <http://mathscinet.ru> (основана в 2012 г.) — последнее обращение 10.11.2013.
7. **Балонин Н. А., Сергеев М. Б.** Беспроводные персональные сети: учебное пособие. СПб.: ГУАП, 2012. 60 с.
8. **Балонин Н. А., Сергеев М. Б.** Персональные сети WPAN на основе ZigBee. СПб.: ГУАП, 2010. 47 с.
9. **Балонин Н. А., Сергеев М. Б., Мироновский Л. А.** Вычисление матриц Адамара—Мерсенна // Информационно-управляющие системы. 2012. № 5. С. 92—93
10. **Балонин Н. А., Сергеев М. Б.** О двух способах построения матриц Адамара—Эйлера // Информационно-управляющие системы. 2013. № 1 (62). С. 7—10.
11. **Балонин Н. А., Сергеев М. Б., Мироновский Л. А.** Вычисление матриц Адамара—Ферма // Информационно-управляющие системы. 2012. № 6 (61). С. 90—93.
12. **Балонин Н. А., Сергеев М. Б.** Концепция электронного журнала с исполняемыми алгоритмами // Фундаментальные исследования. 2013. № 4—4. С. 791—795.
13. **Балонин Н. А., Сергеев М. Б.** Техническая "Живая книга": приглашение к дискуссии // Высшее образование в России. 2013. № 7. С. 141—144.
14. **Астапович А. М., Востриков А. А., Сергеев М. Б., Чудиновский Ю. Г.** Информационно-управляющие системы на основе INTERNET // Информационно-управляющие системы. 2002. № 1. С. 12—18.