

## **Библиотека для интервальных вычислений JInterval: принципы организации**

*М.В. Данилов, К.С. Дронов, С.И. Жилин, Е.Н. Тепикин  
АлтГУ, г. Барнаул*

Список существующего интервального программного обеспечения [1] довольно широк, неуклонно пополняется и включает программные продукты разного уровня и назначения: от простейших интервальных калькуляторов до специализированных интервальных языков программирования. Значимое место в этом ряду занимают библиотеки интервальных подпрограмм для универсальных языков программирования, поскольку служат инструментарием разработки не только систем научных вычислений, но и прикладного программного обеспечения различного назначения.

Интервальные библиотеки для таких традиционных языков научных вычислений, как C/C++ и Fortran, весьма многочисленны, а некоторые из них даже претендуют на статус стандартных компонент языка. Не столь благополучно обстоит ситуация со средствами интервальных вычислений для прочих языков программирования. В частности, практически обойден вниманием интервального сообщества язык Java – основа одной из наиболее перспективных технологий создания крупномасштабных систем распределенных вычислений, в том числе, и научного характера. Призывы внести интервальную арифметику в стандарт языка Java [2] пока не услышаны, а редкие имеющиеся Java-библиотеки – Java-XSC [3] и IA\_math [4] – ограничены функционально и не отличаются быстродействием, хотя скоростные характеристики современных компиляторов и Java-машин позволяют на равных конкурировать с C/C++ и Fortran-компиляторами, традиционно лидирующими в научном компьютеринге.

Изложенные обстоятельства послужили причиной запуска и развития проекта разработки открытой интервальной Java-библиотеки JInterval. Основными принципами и устремлениями проекта являются

- открытость проекта;
- обеспечение гибкости в выборе приоритетов вычислений — высокая скорость или высокая точность;
- расширенная функциональность.

Открытость проекта подразумевает возможность участия в процессе принятия архитектурных и технических решений, а также в разработке компонент библиотеки любых заинтересованных лиц. Именно с

открытостью проекта связаны надежды авторов на успешную эволюцию создаваемого программного продукта. Исходные коды библиотеки (пока далекие от совершенства) свободно доступны в Интернет [5]. Любые предложения и соображения по развитию библиотеки `Interval` принимаются с благодарностью.

Одним из основополагающих убеждений авторов является уверенность в необходимости предоставить пользователю библиотеки возможность выбирать приоритеты вычислений. В зависимости от особенностей задачи и целей вычислителя эти приоритеты могут существенно различаться. В одних случаях это может быть высокая скорость при точности, обеспечиваемой стандартными механизмами вычислений с плавающей точкой без специальных усилий по учету ошибки округления. К таким ситуациям можно отнести быстрые прикладные расчеты или вычисления с довольно широкими интервалами. С другой стороны, интервальные вычисления зачастую используются для обеспечения доказательности расчетов и гарантированности результатов. В таких случаях приходится жертвовать скоростью вычислений ради их точности.

Создаваемая библиотека `Interval` изначально ориентирована на эффективную реализацию вычислений при каждом из указанных, а также при некоторых промежуточных вариантах расстановки приоритетов. Пользователю на выбор предоставляется несколько реализаций типа «интервал» с соответствующими арифметическими операциями. Например, для скоростных расчетов целесообразно использовать интервал с границами поддерживаемого аппаратно стандартного типа `double` и арифметикой без направленных округлений. Для вычислений с гарантированной точностью в распоряжении пользователя имеется интервальный тип, с представлением границ в виде длинных чисел типа `BigDecimal`. В этом случае точность вычислений может регулироваться исходя из потребностей пользователя. При этом все реализации максимально близки в своей спецификации и поэтому переход с одного базового интервального типа на другой не вызывает трудностей.

Как отмечалось, большинство интервальных библиотек предоставляют весьма ограниченный функционал, как правило, сводящийся к реализации классической интервальной арифметики и интервальных элементарных функций. `Interval` задумана как полнофункциональная библиотека, обеспечивающая пользователя как элементарными интервальными вычислительными средствами, так и высокоуровневыми методами интервального анализа. Структурно библиотека разделена на четыре функциональных слоя:

- элементарные интервальные арифметические операции;
- элементарные интервальные функции;
- интервальные векторы, матрицы и операции над ними;
- высокоуровневые интервальные методы.

В настоящий момент в рамках первого слоя реализованы традиционная классическая интервальная арифметика, а также полная арифметика Каухера, открывающая возможности воплощения многих эффективных методов, в частности, методов решения задач линейной алгебры в интервальной постановке. Поверх каждой из арифметик надстроен слой, включающий в себя интервальные элементарные арифметические, тригонометрические и теоретико-множественные функции. На третьем уровне реализована поддержка интервальных векторов и матриц и основные операции над ними. Четвертый слой пока представлен лишь субдифференциальным методом Ньютона поиска формального решения ИСЛАУ [8].

Функциональное наполнение библиотеки JInterval продолжается. Однако уже в нынешнем состоянии она способна конкурировать с существующими Java-библиотеками, как по богатству функционала, так и по скорости вычислений, о чем свидетельствуют первые сравнительные тесты JInterval с Java-XSC, IA\_math, а также с C++-библиотекой filib++.

### Библиографический список

1. Interval and Related Software [Электронный ресурс] / Ред. Kreinovich V. – Электрон. дан. – El Paso, 2009. – Режим доступа: <http://www.cs.utep.edu/interval-comp/intsoft.html>, свободный. – Загл. с экрана.
2. Let's Add Intervals to Java (a Proposal) [Электронный ресурс] / Ред. Kreinovich V. – Электрон. дан. – El Paso, 2009. – Режим доступа: <http://www.cs.utep.edu/interval-comp/java.html>, свободный. – Загл. с экрана.
3. Interval Computations with Java-XSC [Электронный ресурс] / Ferreira R., Fernandes B., Bezerra E. Campos M. – Электрон. дан. – Santo Amaro, 2005. – Режим доступа: [http://www.sbmac.org.br/eventos/cnmac/cd\\_xxviii\\_cnmac/resumos%20estendidos/marcilia\\_campos\\_ST4.pdf](http://www.sbmac.org.br/eventos/cnmac/cd_xxviii_cnmac/resumos%20estendidos/marcilia_campos_ST4.pdf), свободный. – Загл. с экрана.
4. IA\_math [Электронный ресурс] / Hickey T., Qiu Z., van Emden M.H. – 2008. – Режим доступа: [http://interval.sourceforge.net/interval/java/ia\\_math/README.html](http://interval.sourceforge.net/interval/java/ia_math/README.html), свободный. – Загл. с экрана.
5. Проект JInterval [Электронный ресурс] / Данилов М.В., Дронов К.С., Жилин С.И., Тепикин Е.Н., АлтГУ. – Барнаул, 2009. – Режим

доступа: <http://code.google.com/p/javaintervalmathasu/source/checkout>, свободный. – Загл. с экрана.

6. Шарый С.П. Конечномерный интервальный анализ [Электронный ресурс] / С.П. Шарый, ИВТ СО РАН. – Новосибирск, 2009. Режим доступа: <http://www.nsc.ru/interval/Library/InteBooks/SharyBook.pdf>, свободный. – Загл. с экрана.

## **Мониторинг вертикальных подвижек на самотлорском геодинамическом полигоне методом радарной интерферометрии**

*А.В. Евтюшкин, А.В. Филатов  
ЮНИИ ИТ, г. Ханты-Мансийск*

Эффективным методом, позволяющим получать площадные оценки вертикальных и плановых смещений земной поверхности, является спутниковая радарная интерферометрия. Радиолокаторы с синтезированной апертурой антенны способны получать изображение земной поверхности независимо от времени суток и погодных условий. Облучая земную поверхность электромагнитной волной определенной длины ( $X$ ,  $C$ ,  $S$ ,  $L$  – диапазон), прибор записывает в комплексном виде отраженный сигнал, что позволяет восстановить амплитуду и фазу. Для интерферометрической обработки используются два и более изображения, полученные сенсором при повторном пролете спутника над одной и той же территорией.

Для обеспечения геодинамической безопасности от влияния нефтедобычи на природную геозкологическую среду, промышленные и гражданские сооружения, попадающие в площадь горного отвода Самотлорского месторождения, Западно-Сибирским филиалом института нефтегазовой геологии и геофизики проводятся работы по горно-экологическому мониторингу. Для решения таких задач в 2001 г. на территории лицензионного участка создан геодинамический полигон, состоящий из 85 глубинных реперов. Карты, отражающие состояние земной поверхности месторождений, строятся на основе анализа и интерпретации результатов комплекса высокоточных геодезических измерений на пунктах Самотлорского геодинамического полигона. Для наблюдения за динамикой мульды оседания, образующейся в результате извлечения углеводородов, измерения необходимо проводить ежегодно, а для некоторых областей месторождения несколько раз в год. К тому же такой подход позволяет получать величины смещений