

## Секция 4. ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 519.254

### Веб-приложение для оценки показателей неопределенности измерений с малым числом наблюдений

*О.А. Ан, С.И. Жилин*  
*АлтГУ, г. Барнаул*

Государственные стандарты, а также подчиненные им методические указания, связанные со статистической обработкой прямых и косвенных измерений (ГОСТ 8.207–76, ГОСТ 8.508–84, ГОСТ 8.563–96, МИ 1317–86, МИ 2083–93 и т.п.) предписывают использовать для оценки истинных значений измеряемых величин, а также оценки показателей их неопределенности теоретико-вероятностные методы математической статистики. В частности, для описания показателей неопределенности (границ случайной и систематической погрешности результатов измерений) рекомендуется использовать доверительные вероятностные интервалы. Однако в ряде случаев применение этих рекомендаций затруднено или невозможно в виду полного отсутствия информации о вероятностных характеристиках распределения погрешности наблюдений и/или недостаточной представительности выборки измерений. Например, в ГОСТ 8.207–76 прямо указывается, что для применения изложенных в нём методик оценивания доверительных границ погрешностей измерения требуется предварительно проверить нормальность распределения результатов наблюдений, что в свою очередь возможно лишь для выборки, содержащей не менее 15 наблюдений.

Вместе с тем в научной и инженерной практике нередко возникает необходимость обрабатывать и существенно более короткие выборки измерений. В подобных ситуациях для оценивания истинных значений измеряемых величин и показателей их неопределенности могут быть использованы методы интервального анализа, опирающиеся на гипотезу ограниченности погрешности и не требующих употребления понятия вероятности. Благодаря работам Г. Бельфорте, Е. Вальтера, А.П. Воцинина, Н.П. Дывака, С.И. Жилина, Л.В. Канторовича,

В.Я. Крейновича, С.И. Кумкова, М. Миланезе, Р.Е. Мура, Дж. Нортон, Н.М. Оскорбина, А.Л. Померанцева, Л. Пронцато, А.С. Подружко, О.Е. Родионовой, С.И. Спивака, В.А. Суханова, С.П. Шарого, П.Е. Эльясберга и др. накоплен довольно богатый математический инструментарий анализа экспериментальных данных с интервальной неопределенностью.

С целью приблизить наработки математиков в области интервального анализа к практикам и обеспечить интервальные методы обработки измерений необходимым правовым статусом в Институте математики и механики УрО РАН С.И. Кумковым совместно с представителями Центра метрологии и сертификации УрО РАН, а также ряда исследовательских и производственных организаций в рамках государственной системы обеспечения единства измерений разработан проект методики расчета показателей неопределенности измерений с ограниченным числом наблюдений, основанной на методах интервального анализа [1]. В методике излагаются необходимые основные понятия и алгоритмы

- оценивания истинного значения и показателей неопределенности при анализе выборки наблюдений единичной физической величины;
- расчёта показателей неопределенности линейной зависимости;
- расчёта показателей неопределенности квадратичной зависимости.

Использование алгоритмов проиллюстрировано простыми примерами.

Отличительной чертой алгоритмов методики является их относительно высокая (по сравнению с используемыми в ГОСТах) трудоёмкость, что делает необходимым использование для вычислений специализированного программного обеспечения. Разработка программного обеспечения для вычислительной поддержки методики расчета показателей неопределенности измерений с ограниченным числом наблюдений является предметом настоящей работы.

Дабы обеспечить постоянную доступность вычислительных средств для поддержки методики, а также избавить пользователя от необходимости инсталляции, обновления и настройки ПО, было принято решение о его реализации в виде веб-приложения [2]. Функциональные возможности приложения позволяют ввести данные или загрузить их из файла и произвести расчет оценок таких показателей, как интервалы неопределенности наблюдений, интервальные оценки истинного значения физической величины (линейной или квадратичной

зависимости), максимальное отклонение наблюдений, меру совместности выборки, матрицу совместности наблюдений и пр. На основе матрицы совместности приложение позволяет определить одиночные выбросы, а также разбить исходную выборку на совместные подвыборки, которые далее могут быть проанализированы отдельно. Кроме того, приложение осуществляет визуализацию выборки интервальных наблюдений, интервальной оценки истинного значений величины или зависимости, позволяя интерактивно на графике указать наблюдения, подлежащие включению в некоторую специальную подвыборку для последующего анализа. Пример визуализации выборки наблюдений значений линейной зависимости приведен на рисунке 1.

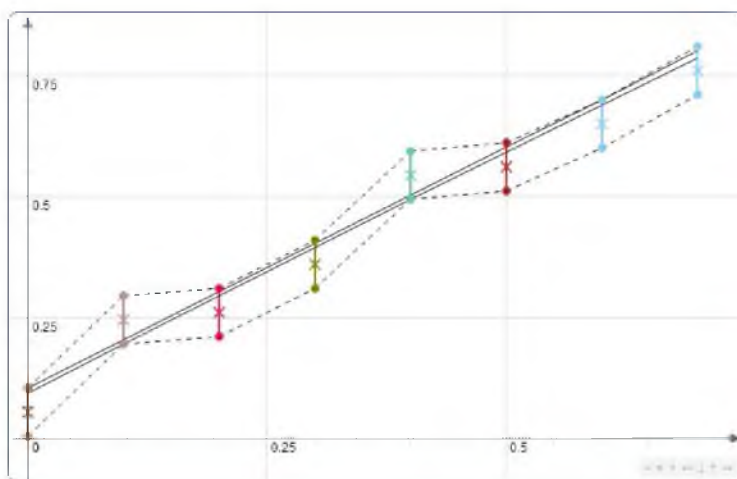


Рис. 1. Пример визуализации выборки наблюдений значений линейной зависимости. Множество допустимых зависимостей показано в виде «коридора» со сплошными границами

Веб-приложение построено на основе технологии JSP. При реализации вычислительных алгоритмов в приложении использована библиотека для интервальных вычислений JInterval [3].

В настоящее время ведется работа над 6-й редакцией проекта методики расчета показателей неопределённости измерений с ограниченным числом наблюдений. В новой редакции ожидаются существенное уточнение и совершенствование терминологии и, возможно, расширение используемых алгоритмов. В свою очередь это может повлечь и модификацию веб-приложения.

### Библиографический список

1. Показатели неопределенности измерений с ограниченным числом наблюдений. Методика расчета (проект, 5-я редакция) / Кумков С.И., Игнатенкова Л.А., Чепков В.И. – Екатеринбург, 2011.
2. Оценка показателей неопределенности измерений с ограниченным числом наблюдений – <http://estimator-asuapps.rhcloud.com>.
3. Nadezhin D.Yu., Zhilin S.I. JInterval Library: Principles, Development, and Perspectives // Reliable Computing 19 (3), 2014, pp. 229-247.

УДК 528.85

### Адаптация StaMPS на кластере для мониторинга подвижек земной поверхности

*В.М. Брыксин, А.В. Евтюшкин, А.В. Филатов*  
*Балтийский федеральный университет им. И.Канта,*  
*г. Калининград*

Развитие современных средств спутникового радиолокационного зондирования движется в направлении улучшения характеристик съемочной аппаратуры и увеличения орбитальной группировки для сокращения периода повторной съемки. В связи с этим появляется возможность обработки материалов высоко-периодической многопроходной съемки. Современные исследования в области радиолокационного дистанционного зондирования направлены на разработку новых методов обработки именно массивом разновременных радарных измерений и на достижение высокой точности определения смещений вплоть до первых миллиметров. В частности технология устойчивых отражателей PSI и её модификации StaMPS (Stanford Method for Persistent Scatterers) и SqueeSAR являются в настоящее наиболее эффективной.

Усложнение применяемых методов и огромный объем исходных данных делают необходимым применение распределенных вычислений с использованием высокопроизводительных компьютерных кластеров, в связи с невозможностью расчетов на однопроцессорных вычислительных системах. Методы интерферометрии стабильных отражателей позволяют разделить процесс обработки на небольшие независимые порции, которые выполняются на кластере за конечное время (15-20 минут). Данная схема позволяет значительно сократить время обработки больших объемом радиолокационных данных и рационально использовать вычислительный кластер совместно с другими ресур-