

## Система QPSLab для анализа и распознавания числовых последовательностей с квазипериодической структурой

*Кельманов А. В., Михайлова Л. В., Хамидуллин С. А.*

*kelm@math.nsc.ru, okolnish@math.nsc.ru, kham@math.nsc.ru*

Новосибирск, Институт математики им. С. Л. Соболева СО РАН

Система QPSLab (Quasi-Periodic Sequences Laboratory) предназначена для решения широкого спектра задач апостериорной (off-line) обработки (анализа и распознавания) массивов зашумленных данных (числовых последовательностей или дискретных сигналов) — результатов измерения характеристик изучаемых объектов различной природы, имеющих квазипериодическую структуру.

Под числовой последовательностью с квазипериодической структурой подразумевается всякая числовая последовательность, включающая такие фрагменты (подпоследовательности подряд расположенных членов), которые имеют характерные детерминированные или стохастические свойства, причем для всех пар следующих друг за другом фрагментов разность между номерами первых членов последующего и предыдущего фрагментов лежит в фиксированном интервале. Последовательность, имеющая квазипериодическую структуру, или квазипериодическая последовательность — это последовательность с квазипериодической сменой своих свойств. Например, в случае детерминированной последовательности под сменой свойств понимается изменение формулы общего члена последовательности, а в случае стохастической — изменение ее вероятностных характеристик.

Числовая (одномерная или многомерная) квазипериодическая последовательность как математический объект является мощным средством для адекватного описания широкого класса временных процессов, возникающих во многих приложениях. Спектр задач, на решение которых ориентирована система QPSLab, типичен, в частности, для электронной разведки, дистанционного зондирования, геофизики, биометрики, медицинской и технической диагностики, обработки речевых сигналов, радиолокации, гидроакустики, телекоммуникации, криминалистики, поиска по мультимедийным базам данных, и др.

Отличительная особенность системы QPSLab состоит в том, что в ней реализован нетрадиционный подход к помехоустойчивому компьютерному анализу и распознаванию числовых последовательностей, сущность которого состоит в апостериорном способе обработки последовательности (т.е. обработки после накопления всех доступных для наблюдения

данных) в сочетании с формализацией содержательной задачи как задачи принятия решения (проверки гипотез).

В основе трех традиционных широко распространенных подходов лежат последовательный (on-line) и апостериорный способы обработки последовательности в сочетании с формализацией содержательной задачи как задачи оценивания (оптимальной фильтрации), а также последовательный способ обработки в комбинации с формализацией задачи как задачи проверки гипотез. При реализации традиционных подходов проблемы комбинаторной оптимизации как правило не возникают.

В противоположность этому, в системе QPSLab реализованы технологии, которые существенным образом опираются на решение специфических задач комбинаторной оптимизации с целью выбора наилучшего из множества допустимых решений, мощность которого растет экспоненциально при увеличении длины обрабатываемой последовательности. При этом основу системы составляют оригинальные полиномиальные алгоритмы с гарантированными (априори доказуемыми) оценками точности решения (см. [1–4] и цитированные там работы).

Первоначальная версия открытой для пополнения системы содержит алгоритмы (технологии) помехоустойчивой обработки последовательностей, включающих квазипериодически чередующиеся ненулевые информационные фрагменты, имеющие одну и ту же размерность (число членов). При формализации содержательных задач предполагается, что последовательности, подлежащие обработке, искажены аддитивной некоррелированной гауссовской помехой. Для решения задач используется принцип максимального правдоподобия, который редуцируется к специфическим задачам комбинаторной оптимизации. К идентичным экстремальным задачам приводит формализация содержательных задач с опорой на критерий минимума суммы квадратов отклонений.

В настоящее время система QPSLab позволяет решать несколько десятков типовых задач, которые можно условно разбить на следующие классы: 1) обнаружение в числовой последовательности повторяющегося фрагмента; 2) распознавание последовательности, включающей повторяющийся фрагмент; 3) обнаружение и идентификация фрагментов; 4) распознавание последовательности, включающей фрагменты из алфавита; 5) обнаружение фрагментов в последовательности и разбиение этой последовательности на серии идентичных фрагментов; 6) распознавание последовательности, включающей серии идентичных фрагментов; 7) обнаружение повторяющегося набора фрагментов; 8) распознавание последовательности, включающей повторяющийся набор фрагментов; 9) обнаружение и идентификация наборов фрагментов; 10) кластеризация последовательностей.

В перечисленных классах имеются как полиномиально разрешимые, так и NP-трудные задачи, для большинства из которых какие-либо эффективные алгоритмы с гарантированными оценками точности в настоящее время неизвестны. Пополнение системы QPSLab будет осуществляться за счет алгоритмов решения этих задач. В ближайшее время демонстрационная версия системы будет доступна через Интернет.

Работа поддержана РФФИ, проекты № 06-01-00058 и № 07-07-00022.

### Литература

- [1] Кельманов А. В. Апостериорный подход к решению типовых задач анализа и распознавания числовых квазипериодических последовательностей: обзор результатов // ММРО-12 — Москва: МаксПресс, 2005. — С. 125–128.
- [2] Кельманов А. В. Проблемы оптимизации в типовых задачах помехоустойчивой апостериорной обработки числовых последовательностей с квазипериодической структурой // Докл. 3-й Всеросс. конф. «Проблемы оптимизации и экономические приложения». — Омск: ОмГТУ, 2006. — С. 37–41.
- [3] Кельманов А. В. Полиномиально разрешимые и NP-трудные варианты задачи оптимального обнаружения в числовой последовательности повторяющегося фрагмента // Докл. Всеросс. конф. «Дискретная оптимизация и исследование операций». — Владивосток–Новосибирск: Ин-т математики СО РАН, 2007. — <http://math.nsc.ru/conference/door07/>.
- [4] Кельманов А. В. О некоторых полиномиально разрешимых и NP-трудных задачах анализа и распознавания последовательностей с квазипериодической структурой // ММРО-13 (в наст. сборнике). — 2007. — С. ??–??.