

# ДВУМЕРНЫЕ ОПОРНЫЕ СИГНАЛЫ ДЛЯ ВИДЕОСИСТЕМ КОНТРОЛЯ КОЛЕБАНИЙ

В. Н. Будилов, А. Г. Ермолов

Кафедра «Информационный и электронный сервис», Поволжский государственный университет сервиса  
Тольятти, Российская Федерация  
E-mail: neuropower@yandex.ru, red\_druid@mail.ru

Проведен поиск дискретных двумерных опорных сигналов, оптимальных и субоптимальных по критериям минимума боковых лепестков аperiodической автокорреляционной функции. Показано, что конструирование таких сигналов в виде произведения одномерных сигналов Баркера позволяет получить сигналы, близкие к оптимальным.

## ВВЕДЕНИЕ

В связи с продолжающимся удешевлением видеодатчиков и видеопроцессоров усиливается их применение для ввода информации о колебаниях объектов [1, 2, 3]. Например, в подъемно-транспортных механизмах актуальны системы подавления колебаний грузов [4], в том числе с видеодатчиками [5]. Видеопроцессор определяет смещение объекта путем поиска известного фрагмента изображения, который будем называть двумерным опорным сигналом (ДОС). Необходимая точность измерения координат достигается, если двумерный опорный сигнал создан искусственно путем нанесения на объект реперной метки (target, landmark). В настоящей работе обсуждается малоисследованная проблема оптимального выбора изображения ДОС.

### I. ОСОБЕННОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ ДОС

Пример дискретного ДОС из  $13 \times 13$  элементов в виде комбинации креста с кругом приведен на рис. 1. Наиболее исследованными одномерными аналогами ДОС являются сигналы в системах радиолокации. Их оптимизация обычно проводится по критериям приближения к сигналам с идеальной аperiodической автокорреляционной функцией (ААКФ). Однако, в рассматриваемых здесь применениях задача оптимизации ДОС отличается следующим рядом усложняющих особенностей.

1. Объект может двигаться не только по ступенчато в плоскости изображения, но и приближаться и удаляться, а также вращаться. Поэтому могут быть требования по устойчивости к масштабированию или к вращениям ДОС.

2. В некогерентных оптических системах ДОС однополярен, взаимодействие с помехами существенно не аддитивно, а сами помехи по своей статистике отличаются от гауссовских.

3. Двумерный характер задачи еще более ограничивает возможности полного перебора.

Это делает крайне затруднительным точное решение задачи оптимизации и заставляет акцентировать внимание на методах поиска субоптимальных ДОС, например, путем конструирования двумерного сигнала из одномерных.

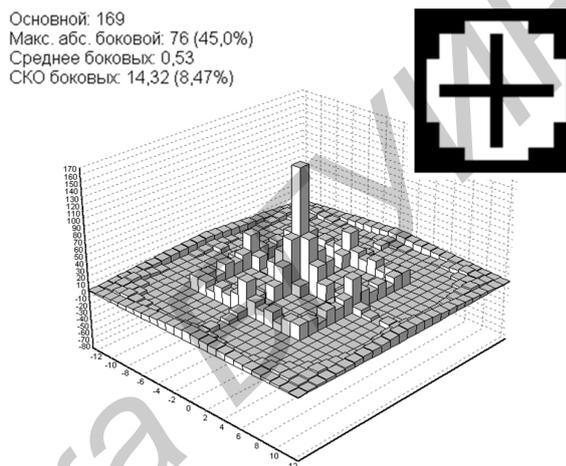


Рис. 1 – Один из традиционных ДОС (здесь и далее внизу показана ААКФ)

### II. РАЗДЕЛИМЫЕ ДОС БАРКЕРА

Можно предположить, что двумерное произведение двух оптимальных одномерных сигналов  $f(x, y) = b(x)b(y)$  дает ДОС, близкий к оптимальному. В классе одномерных двухуровневых сигналов широко известны оптимальные сигналы Баркера. На рис. 2 показан ДОС из  $13 \times 13$  элементов в виде произведения двух таких одномерных сигналов.

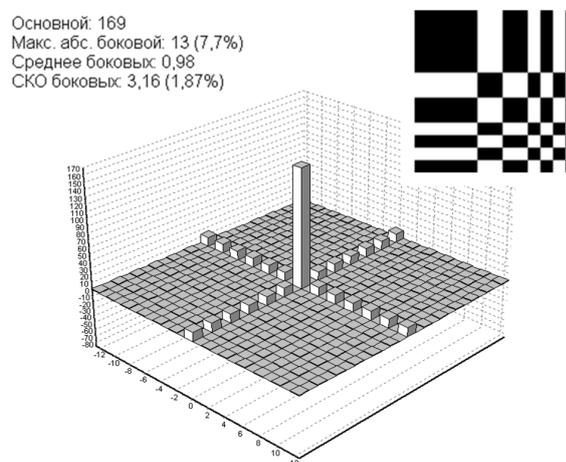


Рис. 2 – Разделимый ДОС Баркера  $13 \times 13$

Действительно, очевидны преимущества такого ДОС по критериям ААКФ перед традиционным ДОС, показанным выше. Сравнение с другими традиционно используемыми ДОС показало аналогичные результаты.

### III. НЕРАЗДЕЛИМЫЕ ДОС

Для оценки близости разделимых ДОС Баркера к оптимальным был проведен поиск путем полного перебора для сигналов с малым количеством элементов. Рис. 3 и 4 позволяют сравнить соответствующие ААКФ.

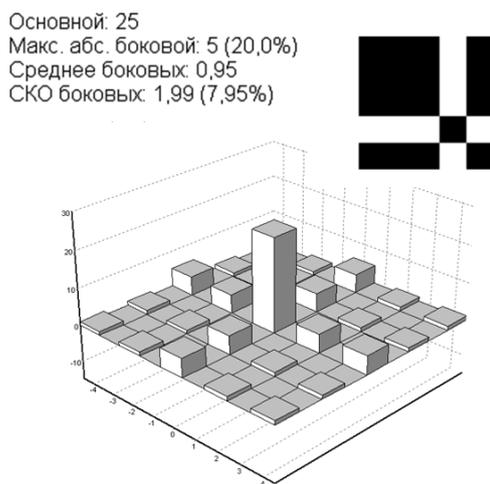


Рис. 3 – Разделимый ДОС Баркера 5\*5



Рис. 4 – Оптимальный ДОС 5\*5

Результаты поиска показали, что для размера 5\*5 элементов существуют неразделимые ДОС, которые несколько лучше, чем разделимые ДОС Баркера как по максимальным боковым лепесткам ААКФ, так и по их среднеквадратичному отклонению (СКО). Аналогично лучшие ДОС были найдены для размеров 7\*7.

Многие традиционно применяемые ДОС относятся к частному случаю ДОС с 8-сторонней симметрией. При размерах до 9\*9 были получены оптимальные в таком классе ДОС, близкие по свойствам ААКФ к разделимым ДОС Баркера (рис. 5). Показанный пример демонстрирует

также, что можно создать сигналы, с ААКФ не хуже, чем у разделимых ДОС Баркера даже в том случае, когда последовательность Баркера соответствующего размера не существует.

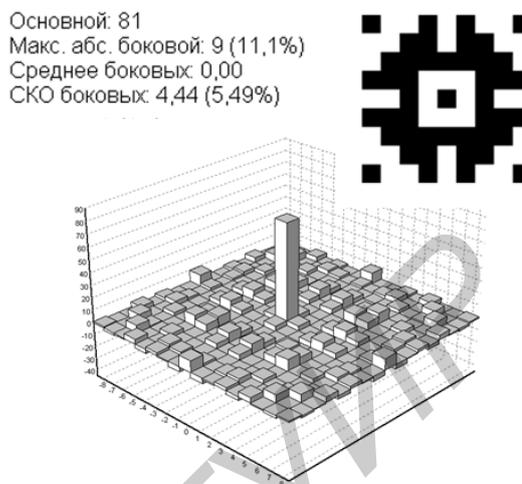


Рис. 5 – Симметричный ДОС 9\*9

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, существуют возможности конструирования и поиска ДОС, близких к оптимальным по критериям ААКФ. Близость свойств ААКФ субоптимальных разделимых ДОС Баркера и оптимальных неразделимых ДОС позволяет надеяться, что более многоэлементные субоптимальные ДОС также можно будет получить как произведение оптимальных одномерных сигналов.

1. Kim, S. W. Multi-point Displacement response measurement of civil infrastructures using digital image Processing / S. W. Kim, N. S. Kim // The Proceedings of the Twelfth East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction – EASEC12. – Procedia Engineering. – 2011. – V. 14. – P. 195–203.
2. Ye, X. W. A vision-based system for dynamic displacement measurement of long-span bridges: algorithm and verification / X. W. Ye, Y. Q. Ni, T. T. Wai, K. Y. Wong, X. M. Zhang, F. Xu // Smart Structures and Systems. – 2013. – V. 12. – N. 3–4. – P. 363–379.
3. Будилов, В. Н. Обработка видеопотока в частотной области для измерения параметров колебаний объектов / В. Н. Будилов, В. И. Воловач // Информационные технологии и системы 2013 (ИТС 2013): материалы международной научной конференции. – Минск: БГУИР, 2013. – С. 250–251.
4. Кузнецов, А. П. Интеллектуальные алгоритмы управления подъемно-транспортными механизмами / А. П. Кузнецов, А. В. Марков, М. К. Хаджинов, А. С. Шмарловский, Т. В. Гаврилик // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем: материалы международной научно-технической конференции. – Минск: БГУИР, 2011. – С. 493–504.
5. Kawai, H. Anti-sway system with image sensor for container cranes / H. Kawai, Y. B. Kim, Y. W. Choi // Journal of Mechanical Science and Technology. – 2009. – V. 23. – N. 10. – P. 2757–2765.