

УДК 621.301

МЕТОДЫ, СРЕДСТВА И АЛГОРИТМЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА РАДИОИЗОБРАЖЕНИИ  
ПРИ ДИСТАНЦИОННОМ ЗОНДИРОВАНИИ С АЭРОКОСМИЧЕСКИХ НОСИТЕЛЕЙАнухин И. П. , Горбуненко Б. Ф. , Зеленский А. А. , Курекин А. А. ,  
Лукин В. В. , Мельник В. П. , Пономаренко Н. Н. , Руднев О. Е. , Тоцкий А. В.

В теории и технике дистанционного зондирования одной из актуальнейших проблем была и остается проблема обеспечения надежности и высокой достоверности обнаружения и классификации зондируемых объектов и поверхностей естественного и искусственного происхождения по формируемым этими системами радиоизображениям. Это связано прежде всего с отсутствием единой методологии обработки принимаемых радиосигналов и полей как на этапе первичной, так и на этапе вторичной обработки, отсутствием единых критериев оценки качества радиоизображений, отсутствием универсальных алгоритмов реставрации и фильтрации радиоизображений, учитывающих большое многообразие дестабилизирующих факторов и помех.

Основной целью проводимых кафедрой Приемо-передающих устройств научных исследований в этой области является разработка и обоснование методов обработки информационных полей в системах дистанционного зондирования и создание на их основе методик, алгоритмов и программных средств применительно к радиолокационным системам бокового обзора (РБО), системам с синтезированием апертуры (РСА), в том числе и многочастотными комплексами, функционирующими в условиях сложной помеховой обстановки.

Проведенный анализ показал, что при отсутствии единых критериев, описывающих качество первичных радиоизображений и определяющих эффективность методов их обработки, в условиях

одновременного воздействия разнообразных дестабилизирующих факторов и помех необходимо комплексное использование различных, но согласующихся друг с другом, методов и алгоритмов повышения качества на всех этапах приема сигналов, формирования изображений и обработки информационных данных.

Показано, что при приеме сигналов, отраженных зондируемым участком Земли или Мирового Океана, целесообразно применять многоэлементные антенные системы с предложенными авторами амплитудными распределениями на раскрыве /1,2/, обладающими близкими к потенциально достижимым уровнем максимального бокового и шириной главного лепестков диаграммы направленности, высокой устойчивостью к воздействию помех и простотой конструктивно-технологической реализации. Для антенн с цифровым формированием диаграммы, в том числе для систем РСА, предложены оригинальные взвешивающие окна /2/ и реализующие их цифровые устройства, которые позволяют при незначительном ухудшении быстродействия и усложнении аппаратурной реализации добиться снижения уровня дифракционных искажений и ошибок, обусловленных некомпенсированностью фазовых набегов при использовании упрощенных процедур нефокусированного накопления.

Разработаны модели сигналов, учитывающие влияние нестабильности траектории движения носителя, что обеспечивает возможность исследования характера и степени обусловленных этим фактором искажений. Для РСА проведен анализ методов обработки сигналов с целью устранения этого деструктивного воздействия и показана целесообразность использования алгоритмов биспектральной обработки /3/.

Другим способом борьбы с искажениями, возникающими на этапах

формирования радиоизображений, является применение методов их реставрации. Исследованы разнообразные алгоритмы восстановления двумерных полей, в том числе процедуры, основанные на аналитическом продолжении спектра, инверсной фильтрации и т. д. /3,4/. Проанализированы их достоинства и недостатки, проявляющиеся, в частности, в появлении изображений высших порядков. Определены условия - свойства помех и априорные сведения о характеристиках сигналов и системы формирования изображений, при которых применение разработанных алгоритмов реставрации является целесообразным и эффективным, например, в случае обработки радиоизображений, полученных средствами дистанционного зондирования миллиметрового диапазона, отличающихся прогнозируемым и ограниченным набором дестабилизирующих воздействий и помех.

Методы реставрации практически неприменимы при оперативной обработке информационных данных, поскольку они требуют значительных вычислительных затрат, а иногда и выполнения нескольких итераций, причем быстрые алгоритмы и преобразования при этом удается использовать не всегда. Поэтому в случаях, когда необходим оперативный анализ и обработка радиоизображений альтернативой методам восстановления служат алгоритмы фильтрации данных в скользящем окне, которые к тому же обладают по сравнению с методами реставрации рядом ценных свойств, например, способность локальной адаптации и устранения аномальных выбросов.

На основе разработанных модельных представлений, учитывающих мультипликативные, адаптивные и импульсные помехи, а также разнообразие форм и размеров объектов, проведен сравнительный

анализ известных методов фильтрации и предложены оригинальные локально-адаптивные алгоритмы обработки двумерных сигналов, обладающие робастными свойствами. Их специфика заключается в том, что в пределах скользящего окна предлагается рассчитывать параметр адаптации, характеризующий локальное поведение (изменчивость) радиоизображения, и в соответствии с результатом его сравнения с одним или несколькими пороговыми значениями соответствующим образом выбирать тип фильтра (методику обработки данных) и размеры его апертуры. В зависимости от решаемой задачи (фильтрация "мозаичных" изображений; взаимная привязка данных ДЗ, полученных для разных рабочих длин волн; устранение импульсных помех; выявление малоразмерных объектов), приоритета предъявляемых к алгоритмам вторичной обработки требований, свойств сигналов и помех рекомендованы к практическому применению различные варианты расчета параметра адаптации, выбора фильтров и обеспечения их робастности. Использование предложенной методики для модельных и реальных изображений продемонстрировало ее эффективность как при визуальном анализе информационных данных, так и в случае применения локальных и интегральных критериев качества /5, 6/.

Созданный в ходе проведения исследований комплекс программно-алгоритмических средств [КПАС] /7/ позволил не только выполнить цифровое моделирование на различных этапах НИР, но и обеспечить широкие возможности обработки реальных данных, полученных системами ДЗ ИРЭ АН Украины. В результате были обнаружены разнообразные эффекты, которые необходимо учитывать на практике. В числе наиболее важных можно назвать следующие: коррелированность флуктуаций для соседних пикселей

радиоизображений, не позволяющая достичь потенциальной степени сглаживания помех на однородных участках: проявление эффектов смаза и дефокусировки, свидетельствующие о необходимости борьбы с этими деструктивными факторами; отличие реального закона распределения значений РЛИ от прогнозируемых, обусловленное спецификой аппаратной реализации алгоритма первичной обработки сигналов, и т. д. Учет этих особенностей и консультации с разработчиками систем позволили внести дополнения и доработки в алгоритмы фильтрации и режимы функционирования блоков системы, продолжить методики тестирования средств дистанционного зондирования, создать широкий спектр сервисных возможностей программного обеспечения для анализа свойств изображений и характеристик систем. Так, например, реализованы процедуры просмотра изображений большой размерности в сканирующем режиме и их фрагментирования, статистической обработки с использованием гистограмм, спектрально-корреляционного анализа данных, построения сечений, визуализации информации с варьированием цветовых и полутоновых палитр и ее документирования. При этом КПАС обладает необходимой универсальностью и может быть успешно использован для обработки тепловых и оптических изображений.

В заключение отметим, что благодаря проведенным исследованиям были расширены представления о задачах и применениях радиолокационных комплексов формирования изображений, намечены пути их дальнейшего совершенствования, направленные на повышение эффективности использования и точности измерений на основе многочастотного и многополяризационного подходов [6], определены новые подходы к решению проблемы интерпретации информационных данных.

## Список литературы

1. Анухин И. П., Зеленский А. А., Лукин В. В. Оптимизация амплитудно-фазовых распределений для волноводно-щелевых антенн // Тез. докл. III Междун. научно-техн. конф. "Методы представления и обработки случайных сигналов и полей" (Туапсе, сент. 1993г). - Харьков, 1993. - С. 158.
2. Горбуненко Б. Ф., Лукин В. В., Пономаренко Н. Н. Интегрированная система для моделирования ФАР // Тез. докл. Межресп. НТК "ФАР-92" (Казань, июль 1992 г.). - Казань, 1992. - С. 24.
3. Tockij A., Perina J., Zabuda S. Super-resolution in Incoherent Systems of Image Restoration with Noise by Bispectral Data Processing // Optik, 1989, Vol. 83. - No 3, pp. 85-87.
4. Gorbunenko B., Tockij A., Perina J., Improving the Images by Joint Spectral Synthesis and Window Smoothing of Diffraction Function // Optik, 1992, Vol. 90, - No 1, pp. 5-8
5. Lukin V.V., Miao Zhenjiang, Yuan Baozong. Multifrequency Remote Sensing Radar Images Processing and Analysis // Proceed. of the 1993 IEEE Region 10 Intern. Conference on Computers, Communication and Automation: Beijing, China, 1993.
6. Zelensky O., Lukin V., Melnik V. Adaptive Filters for Image Processing // Proceedings of the first All-Ukrainian Conf. "Signal/Image Processing and Pattern Recognition. - Kyiv, Ukraine, Nov. 1992. - p. 186.
7. Лукин В. В., Мельник В. П., Погребняк А. Б., Пономаренко Н. Н. Комплекс программ для анализа и обработки радиолокационных изображений // Тез. докл. II научн. конф. "Применение дистанционных радиофизических методов в исследованиях природных сред" - Мухом. 1992 - С. 144.