

УДК 621.396.96

ПОЛЯРИЗАЦИОННОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ПОД ПРИРОДНЫМИ ОБРАЗОВАНИЯМИ

А.И. ЛОГВИН, А.В. ВОЛКОВ

В статье рассмотрены вопросы совместного применения поляризационной обработки сигналов и робастных алгоритмов.

Ключевые слова: поляризационная обработка сигналов, робастные алгоритмы, эффективная площадь рассеяния, поляризационные сигнатуры, четырехвектор параметров Стокса, процедура Ньютона – Рафсона, пьедестальная высота.

Введение

Обнаружение и идентификация объектов, находящихся под лиственными и другими природными образованиями, в ряде случаев бывают весьма затруднительными, поэтому в анализ принимаемого сигнала следует вовлекать дополнительные параметры. Для идентификации состояний различных объектов и их последующей более детальной классификации широко используются РЛС с поляризационной обработкой сигнала. Кроме того, в условиях динамической неопределенности одним из самых эффективных методов обработки является использование робастных алгоритмов.

Для поляризационного анализа рассеянного сигнала можно использовать поляризационные сигнатуры, позволяющие получать дополнительную информацию об исследуемой поверхности и находящихся на ней объектах. Эти характеристики строятся в трёхмерном пространстве, и такие объёмные фигуры дают поляризационный образ зондируемого объекта. Эффективная площадь рассеяния (ЭПР) σ является функцией $(\alpha_p, \beta_p, \alpha_r, \beta_r)$, где α - угол эллиптичности; β - угол ориентации плоскости поляризации; индексы «п» и «р» - введены для падающей и рассеянной волны. Функции $\sigma(\alpha_p, \beta_p, \alpha_r, \beta_r)$ называются поляризационными сигнатурами ансамбля рассеивателей. Построение этих функций осуществляется в трехмерном пространстве, где по двум осям откладываются угол эллиптичности α и угол ориентации плоскости поляризации β , а по третьей оси откладывается значение σ^0 - нормированное значение ЭПР. Каждому зондируемому объекту будут соответствовать свои поляризационные сигнатуры. Пример такой сигнатуры показан на рисунке.

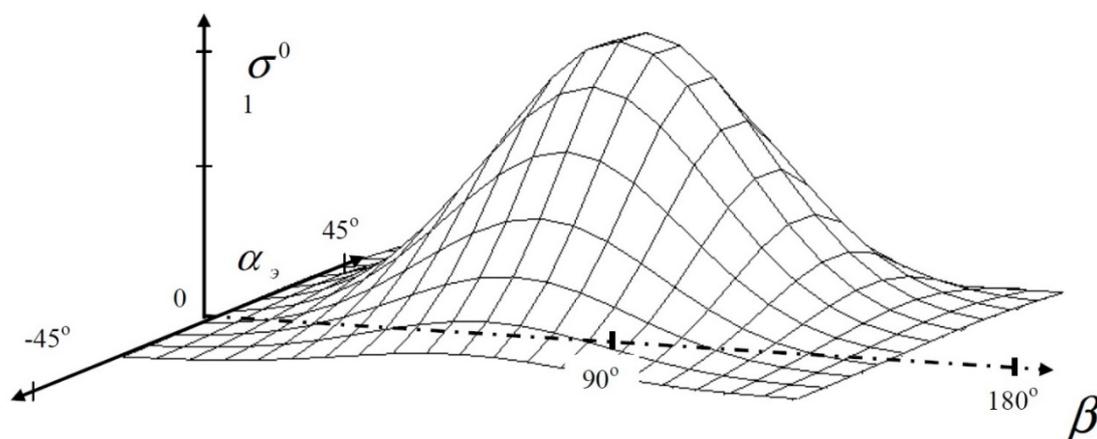


Рисунок. Трёхмерное представление поляризационных сигнатур

Помимо формы сигнатуры разных объектов также различаются высотой подошвы сигнатуры или пьедестальной высотой (ПВ). ПВ характеризует долю неполяризованного сигнала, принимает значения от 0 до 1 в относительных единицах, равна нулю для абсолютно гладких поверхностей или измеряется в абсолютных единицах – в дБ. Чем больше значение пьедестальной высоты, тем большая часть отраженного радарного сигнала неполяризована, и следовательно, тем больше доля объемного рассеяния. Поляризационные сигнатуры природных объектов в значительной степени характеризуются наличием случайных выбросов, которые в значительной степени влияют на результат оценивания. Поляризационные сигнатуры сигналов с согласованной поляризацией на излучении/приеме для лесных участков имеют характерную форму гиперболического параболоида (седла). Форма поверхности поляризационных сигнатур и высота пьедестала сигнатуры полезны для выявления характеристики и более тонкой классификации природных объектов.

На локационные характеристики объектов влияют характеристики шероховатости поверхности, наличие растительности и присутствие других соответствующих рассеивающих элементов [4]. Поэтому традиционные методы оценивания являются в ряде случаев малоэффективными. Предлагается использовать методы оценивания, учитывающие наличие «грубых ошибок» и позволяющие при этом достаточно точно определять оценки параметров. Такие методы называются робастными или устойчивыми.

И хотя построение поляризационных сигнатур основано на известном представлении параметров Стокса через геометрические параметры эллипса, на выходе большинства мониторинговых радиолокационных систем, в том числе и тех, в составе которых используются фазированные антенные решетки, получается четырехвектор – одна из форм представления поляризационного состояния волны [2]. Запись четырехвектора выглядит как

$$\vec{E}_{IV} = [x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4]^T, \quad (1)$$

где x_1, x_2, x_3, x_4 – компоненты четырехвектора.

Для уменьшения влияния загрязняющих выбросов эффективно использовать итерационную процедуру Ньютона – Рафсона для нормального распределения выборки, использующую в качестве начального приближения выборочную медиану

$$\hat{m}_{1i+1} = \hat{m}_{1i} - \left(\frac{\partial \ln L}{\partial m_1} \right)_{m_1} \div \left(\frac{\partial^2 \ln L}{\partial m_1^2} \right)_{m_1}, \quad (2)$$

которая для гауссовой функции правдоподобия $L(\bullet)$ имеет вид

$$\hat{m}_{1i+1} = \hat{m}_{1i} + \sum_{j=1}^n (x_j - \hat{m}_{1i}), \quad (3)$$

где $\hat{m}_{1i+1} = med \{x_j\}, j = 1, \dots, n$.

Заключение

Указанный вариант описания поляризационных составляющих сигнала не является единственным. Кроме него существует ряд известных форм представления. С другой стороны, робастные алгоритмы также могут быть описаны в различных формах. Выбор и обоснование оптимального сочетания представления поляризационного сигнала и робастного алгоритма являются важной научной задачей и требуют дальнейшего рассмотрения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вагапов Р.Х., Гаврило В.П. и др. Дистанционные методы исследования морских льдов / под ред. А.И. Козлова. - СПб.: Гидрометеоздат, 1993.

2. Козлов А.И., Логвин А.И., Сарычев В.А. Поляризация радиоволн. - М.: Радиотехника, 2005.
3. Козлов А.И., Логвин А.И., Сарычев В.А. Радиолокационная поляриметрия. Поляризационная структура радиолокационных сигналов. - М.: Радиотехника, 2007.
4. Козодеров В.В., Кондранин Т.В. Методы оценки состояния почвенно-растительного покрова по данным оптических систем дистанционного аэрокосмического зондирования. - М.: МФТИ, 2008.

POLARIZATION ESTIMATION FACILITIES UNDER NATURAL FORMATIONS

Logvin A.I., Volkov A.V.

The article discusses the use of joint polarization and robust signal processing algorithms.

Key words: polarization signal processing, robust algorithms, the effective area of scattering polarization signatures, a four Stokes parameters, the procedure of Newton - Raphson pedestal height.

Сведения об авторах

Логвин Александр Иванович, 1944 г.р., окончил КГУ (1966), доктор технических наук, профессор МГТУ ГА, заслуженный деятель науки РФ, академик Российской академии транспорта, автор более 500 научных работ, область научных интересов - техническая эксплуатация РЭО, радиолокация, системы УВД.

Волков Андрей Владимирович, 1989 г.р., окончил МАИ (2012), аспирант МГТУ ГА, область научных интересов – радиолокация.