

DETERMINATION ALGORITHM OF UNDERLYING SURFACES BORDER POSITION BY PULSE ALTIMETER SIGNAL

Sorokin A. K., Vazhenin V. G., Shalgin V. V.
Ural Federal University
Institute of Radioelectronics and Information Technologies
32, Mira str., Yekaterinburg city, Sverdlovskaya reg.
620002, Russian Federation
Ph.: (343) 3759754, e-mail: atomdistortion@mail.ru

Abstract — The determination algorithm of underlying surfaces by pulse altimeter signal is described at this paper. The principle of etalons and current a posteriori statistic of reflected signal comparison is the base of algorithm. As the result of comparison of statistical distributions is formed a posteriori evaluation of correct discrimination. The maximum of a posteriori probability has its own minimum at the moment of detected crossing of underlying surfaces border. Its allows to form evaluation of underlying surfaces border position.

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА СРЕД ПО СИГНАЛУ ИМПУЛЬСНОГО РАДИОВЫСОТОМЕРА

Сорокин А. К., Важенин В. Г., Шалгин В. В.
Институт радиоэлектроники и информационных технологий
Уральского федерального университета
ул. Мира, 32, Екатеринбург, Свердловской обл., 620002, Россия
тел.: (343) 3759754, e-mail: atomdistortion@mail.ru

Аннотация — В работе исследуется алгоритм определения местоположения границы раздела подстилающих поверхностей по сигналу импульсного радиовысотомера. В основе алгоритма лежит принцип сравнения эталонных статистических распределений с текущим апостериорным распределением амплитуды отраженного сигнала. По результатам сравнения статистических распределений формируется апостериорная оценка вероятности правильного различения. В момент пересечения обнаруживаемой границы раздела сред максимум апостериорной вероятности имеет свой локальный минимум, что позволяет сформировать оценку местоположения границы раздела сред.

I. Введение

При разработке современных беспилотных летательных аппаратов предъявляются высокие требования к системам коррекции инерциальной навигационной системы. Спутниковая система коррекции не обеспечивает достаточной помехозащищенности и скрытности, что приводит к необходимости разработки систем коррекции, работающих по другим принципам. В качестве источника информации о подстилающей поверхности может быть использован сигнал импульсного радиовысотомера. Алгоритм обработки основывается на определении максимума апостериорной вероятности [4].

II. Основная часть

С целью исследования алгоритма статистического различения подстилающих поверхностей была разработана математическая фазетная феноменологическая модель. Модель состоит из нескольких блоков: задание входных данных, формирование подстилающей поверхности, формирование сигнала, отраженного от подстилающей поверхности и блока обработки данных. Благодаря такой структуре реализуется принцип модульности, позволяющий гибко изменять модель [1] под текущую задачу.

При разработке модели использовались данные справочной литературы [3]. Согласно [3], амплитуда сигнала, отраженного от большинства типовых однородных подстилающих поверхностей, имеет вид

распределения Рэлея после прохождения квадратурного приемника.

Анализ результатов, проведенный на основе [3] показал, что оптимальным для задачи различения является сочетание поверхности типа «фон» с широкой диаграммой обратного рассеяния (ДОР) и малым коэффициентом отражения и поверхности с узкой ДОР и большим коэффициентом отражения. Наилучшее, с этой точки зрения, сочетание поверхности типа «лес», в качестве фона с шириной ДОР по половинной мощности 30° и коэффициентом отражения -8 дБ и водной поверхности с шириной ДОР 4° и коэффициентом отражения 20 дБ. Среди техногенных поверхностей с узкой ДОР была выбрана поверхность типа «асфальт» с шириной ДОР $1,5^\circ$ и коэффициентом отражения 20 дБ.

В работе задача различения решается следующим образом:

1. Интервал моделирования – 2 полных пятна (рис. 1), на каждый фацет приходится по 4 отсчета сигнала (с целью учета корреляции между фацетами)

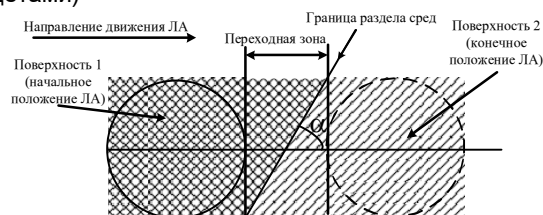


Рис. 1. К моделированию границы раздела
Fig. 1. For model of border position

2. По каждому положению ЛА проводится R экспериментов с целью определения вероятности правильного различения

3. Далее рассматривается две гипотезы: H_1 – наблюдается Поверхность1 («асфальт»); H_2 – наблюдается Поверхность2 («лес»). Для каждой гипотезы по R отсчетам вычисляется вероятность правильного различения поверхностей

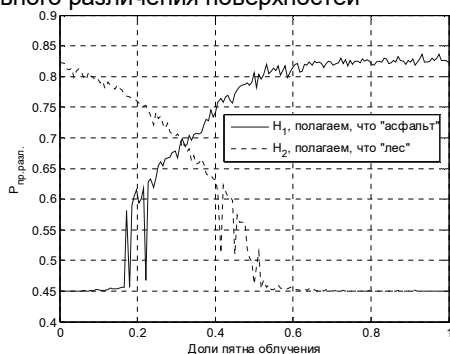


Рис. 2. Вероятность правильного различения для двух гипотез (H_1, H_2)

Fig. 2. The probability of correct discrimination for two hypotheses (H_1 and H_2)

На рис. 3 показана апостериорная вероятность правильного различения поверхностей [2], минимум апостериорной вероятности соответствует обнаруживаемой границе раздела сред.

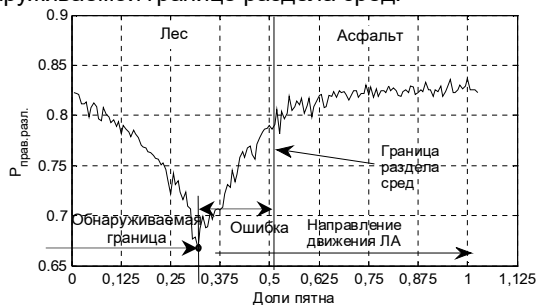


Рис. 3. Апостериорная вероятность правильного различения поверхностей (лес/асфальт).

Fig. 3. A posteriori probability of correct discrimination of underlying surfaces (forest/asphalt)

Значение ошибки определения границы зависит от отражающих свойств различаемых поверхностей. Исследовалось влияние α на точность определения местоположения границы раздела сред, на рис. 4 приведена средняя ошибка определения местоположения границы раздела сред для различных сочетаний поверхностей.

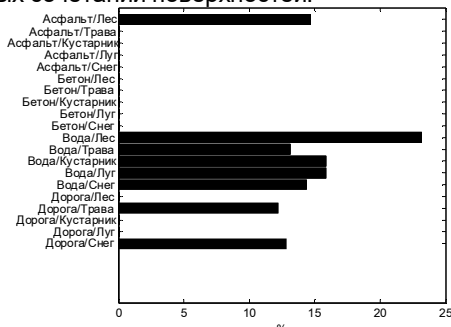


Рис. 4. Ошибка определения границы в случае полного пятна облучения, $\alpha = 90^\circ$

Fig. 4. Determination error of the border for full spot, $\alpha = 90^\circ$

При уменьшении α до 30° количество различаемых поверхностей уменьшается при

уменьшении угла наклона и увеличивается ошибка определения местоположения границы раздела сред.

Применение методов обужения эффективной диаграммы направленности антенны (ДНА) на основе доплеровской фильтрации (ДФ) [1] позволяет существенно повысить количество различаемых подстилающих поверхностей, особенно при углах близких к 90° .

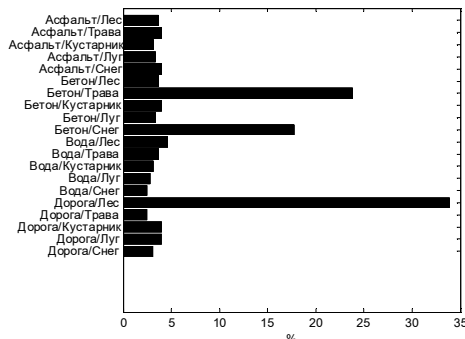


Рис. 5. Обужающая доплеровская фильтрация, $\alpha = 90^\circ$

Fig. 5. Sharpening Doppler filtration, $\alpha = 90^\circ$

Согласно рис. 5, все исследованные подстилающие поверхности различаются, что позволяет сделать вывод о высокой избирательности такого алгоритма обработки. К сожалению, влияние углов наклона границы раздела приводит к значительно меньшему выигрышу (при углах менее 60° выигрыш составит не более 3х раз по отношению к полному пятну облучения). А при углах близких к 90° ошибка может быть уменьшена с 15% до 4% при использовании доплеровской фильтрации.

II. Заключение

В работе были получены следующие значимые результаты:

1. Определены оптимальные условия различения типовых подстилающих поверхностей: сочетание поверхности с широкой ДОР и малого коэффициента отражения с поверхностью с узкой ДОР и большим коэффициентом отражения. Среди естественных поверхностей наилучшим признано сочетание «леса/воды», а среди техногенных – «асфальт/лес»;

2. Разработан алгоритм статистического обнаружения границы раздела сред, показано влияние сочетания различных поверхностей на точность алгоритма, а также предложены рекомендации по снижению ошибки обнаружения границы раздела сред посредством ДФ.

IV. References

- [1] Sorokin A. K., Vazhenin V. G., Djad'kov N. A. Ispol'zovanie doplerovskoj fil'tracii dlja obnaruzhenija linejnyh orientirov na podstilaajushhej poverhnosti. [Using Doppler filtration for linear reference sensing]. *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij Rossii. Radiotekhnika*. Saint-Petersburg: 2012, pp. 50–54.
- [2] Skolnik M. I., "Radar Handbook", Third Edition. The McGraw-Hill Companies, 2008. 1351p.
- [3] Ulaby F. T. Handbook of Radar Scattering Statistics for Terrain. ARTECH HOUSE, 1989. 358p.
- [4] Kazarinov Ju. M., Grishin Ju. P., Ipatov V. P., Kolomenskij Ju. A., Ul'janickij Ju. D. "Radiotekhnicheskie sistemy: uchebnoe posobie dlja vuzov. [Radio Technical Systems: tutorial for high schools]". Moscow, 1990, 496p.