

Выбор информативного признака при распознавании движущегося пешехода относительно движущейся автотранспортной техники в миллиметровом диапазоне длин волн

В.В. Глазков

ГОУ ВПО МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Автономные информационные и управляющие системы»; адрес: г. Москва, 2-я Бауманская ул., д.5; Email: vint_kolomna@mail.ru

Получены реализации сигналов частоты Доплера при движении различных объектов. Проведен выбор информативных параметров для алгоритма распознавания. Показана связь между информативными параметрами во временной и частотной областях.

Realisations of signals of frequency of Doppler during the motion of various objects are received. The choice of informative parameters for algorithm of recognition is spent. The relationship between informative parameters in time and frequency areas is shown.

Введение

В настоящее время во многих странах мира интенсивно разрабатываются радиолокационные системы миллиметрового диапазона длин волн для наблюдения за движущимися наземными объектами. Повышенный интерес к данным системам вызван их работоспособностью в сложных погодных условиях, в дневное и ночное время суток, а также возможностью обнаружения движущихся объектов за препятствиями, такими как, например, стены зданий. Изменения доплеровского смещения частоты радиолокационного сигнала обратного рассеяния движущейся цели служит основным информативным признаком, общепринятым при решении задач обнаружения и распознавания объектов. Следует отметить, что наибольшее распространение в обработке радиолокационных сигналов обратного рассеивания движущихся наземных объектов получили методы оценивания спектрограмм, а также методы оценивания кратковременного амплитудного спектра Фурье, формируемого с помощью скользящего окна.

В работе [1] приведено описание экспериментальной радиолокационной установки, работающей в K_a -диапазоне длин волн. С помощью данной установки получены реализации сигнала частоты Доплера при движении гусеничной и колесной техники, а также человека.

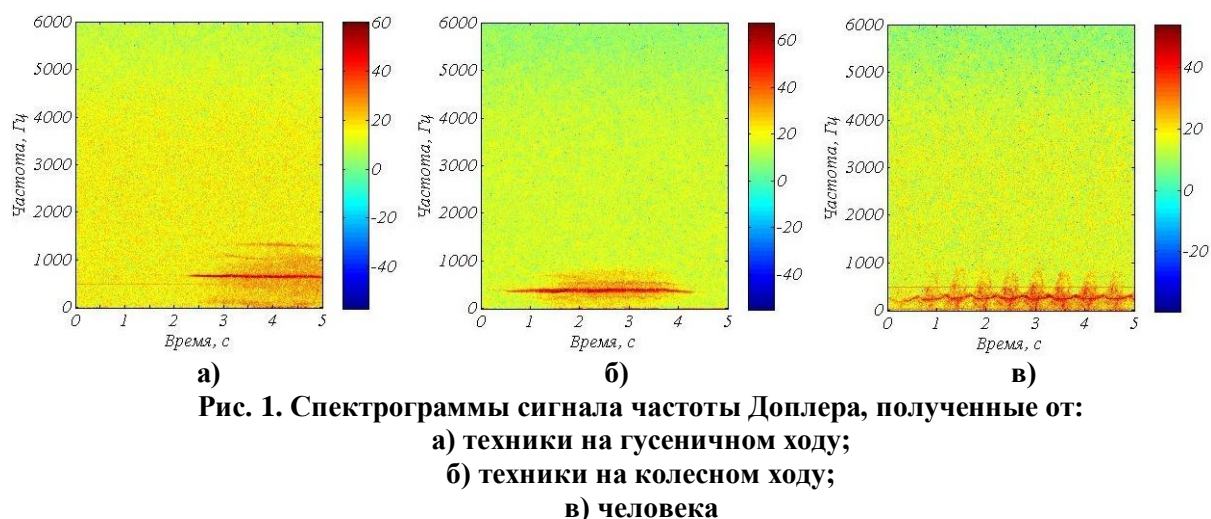
Целью настоящей работы является выбор информативного признака для распознавания движущегося пешехода относительно движущейся автотранспортной техники в миллиметровом диапазоне длин волн.

Спектральные характеристики сигнала частоты Доплера, отраженных от различных типов объектов

Установка, применяемая для получения входных реализаций сигнала частоты Доплера, использует K_a -диапазон длин волн. Благодаря этому обеспечивается разрешающая способность по угловым координатам до 5° . На рис. 1 приведены спектрограммы сигналов частоты Доплера, полученных при движении соответственно техники на гусеничном ходу, на колесном ходу и пешехода.

Приведенные спектрограммы позволяют судить о качественной картине частотно-временной структуры сигнала. В случае отражения от объектов автотранспортной техники сигнал частоты Доплера является узкополосным, причем центральная частота зависит от радиальной скорости движения объекта. Данный факт связан с тем, что все элементы отражения объекта имеют примерно одинаковую радиальную скорость, что

приводит к одинаковому изменению доплеровского смещения частоты в спектре сигнала. Исключение составляют лишь колеса у колесной и траки у гусеничной техники, но ощутимый вклад в спектр оказывают только траки, приводя к появлению спектральной составляющей на удвоенной частоте Доплера (см. рис. 1,а).



Механизм формирования сигнала обратного рассеяния от тела человека более сложный. В процесс движения человека вовлечены одновременно кинематические вклады различных частей тела: раскачивания торса при ходьбе, шаговые движения ног и размахивания рук. Эти части тела человека движутся с различными радиальными скоростями, закон изменения которых, как правило, отличается от равномерного. По телу человека протекают поверхностные токи СВЧ, наводимые падающей электромагнитной волной. Параметры радиолокационного эхо-сигнала зависят как от кинематических характеристик, так и от радиофизических свойств движущихся поверхностей обратного рассеяния электромагнитной волны. Следовательно, сигнал обратного рассеяния представляет собой многочастотный нестационарный процесс, параметры которого меняются в процессе движения объекта и зависят от ракурса движущихся частей тела и проводимости поверхности обратного рассеяния. В общем случае можно сказать, что центральная частота сигнала частоты Доплера будет периодически изменяться по сложному закону, при этом ширина спектра будет зависеть от времени.

Выбор информативных признаков в частотной области

Анализ полученных реализаций показал, что в случае отсутствия объекта в области локации антенной системы принимаемый сигнал от подстилающей поверхности является широкополосным и равномерно распределенным по всему спектру. При появлении в области локации движущегося объекта в спектре сигнала начинает выделяться узкополосная составляющая. Ширина и частотно-временная структура этой составляющей зависит от типа объекта в области локации.

Для решения задачи распознавания движущегося пешехода относительно движущегося объекта автотранспортной техники достаточно использовать только информацию о ширине энергетического спектра сигнала частоты Доплера.

Однако изменение радиальной скорости объекта приведет к перемещению спектра по оси частот, поэтому целесообразнее использовать в качестве информативного признака относительную ширину энергетического спектра (ОШС) сигнала частоты Доплера. Данный параметр инвариантен к радиальной скорости объекта и зависит

лишь от его геометрической структуры. На рис. 2 приведена временная зависимость ОШС сигнала частоты Доплера для различных типов объектов.

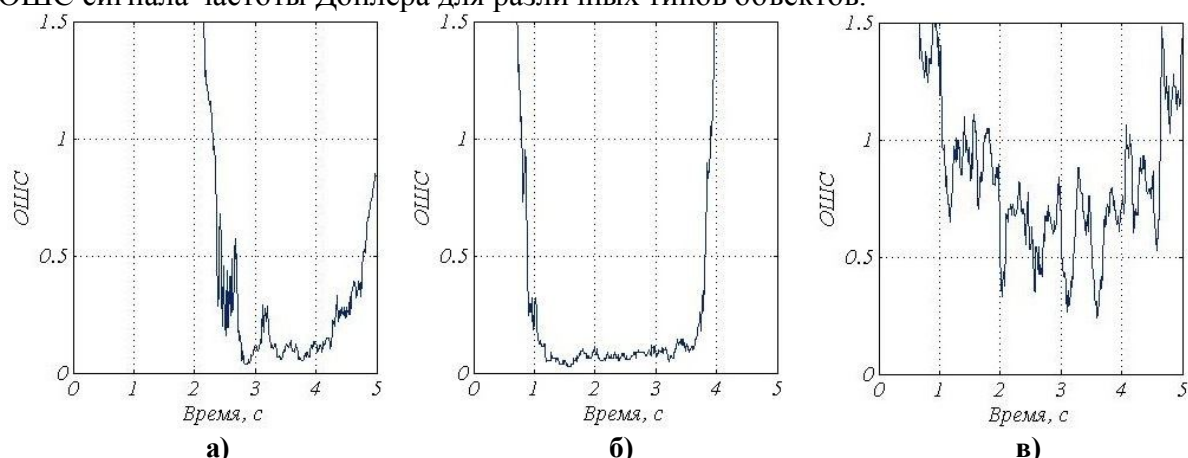


Рис. 2. Зависимость ОШС от времени для:
а) техники на гусеничном ходу;
б) техники на колесном ходу;
в) человека

Из рисунка видно, что в тот момент находится, когда в области локации находится движущийся объект автотранспортной техники, ОШС составляет $0,03-0,25$. А когда в области локации находится движущийся пешеход ОШС составляет $0,3-1,1$.

Выбор информативного признака во временной области

Прямой анализ спектра сигнала частоты Доплера в автономных системах затруднен в силу сложности построения устройств его реализующих и ограниченном времени принятия решения. В [2] показано, что относительная ширина полосы энергетического спектра сигнала и коэффициент начальной регрессии (КНР) интервалов между нулями входной реализации имеют однозначную функциональную зависимость.

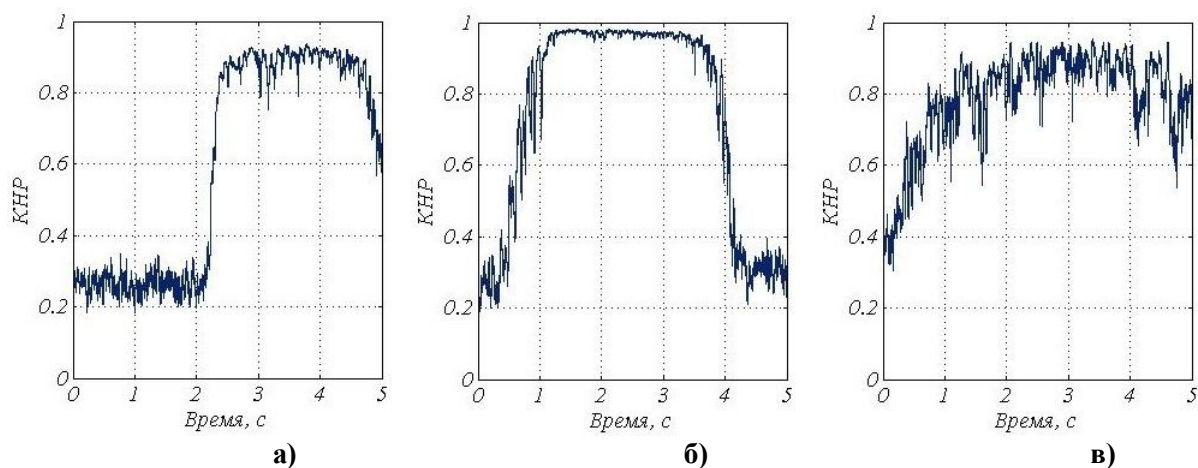


Рис. 3. Зависимость КНР от времени для:
а) техники на гусеничном ходу;
б) техники на колесном ходу;
в) человека

Оценка коэффициента начальной регрессии (КНР) интервалов между нулями

входной реализации осуществляется в соответствии с выражением:

$$\beta_{\tau_i/\tau_{i+1}}(t) = \frac{\sum_{i=n}^{n+N} \tau_i \tau_{i+1}}{\sum_{i=n}^{n+N} \tau_i^2}, \quad (1)$$

где N - объем выборки; n - координата начала выборки, отсчитываемая вдоль реализации сигнала; τ_i – длительность i -го интервала.

Для объема выборки 1000 получены зависимости КНР интервалов между нулями входной реализации для различных объектов, которые приведены на рис. 3. Из графиков видно, что анализ значения КНР позволяет судить о типе находящегося в области локации объекта. Существенным является тот факт, что анализ КНР можно осуществлять в реальном масштабе времени. Этот факт особенно важен для автономных систем.

Заключение

Использование миллиметрового диапазона длин волн при работе с движущимися объектами позволяет выделить информативные признаки для распознавания пешехода относительно объектов автотранспортной техники. В качестве информативного признака предлагается использовать относительную ширину энергетического спектра сигнала частоты Доплера. Для автономных систем с целью уменьшения их сложности и обработки в реальном масштабе времени предлагается перейти к временной обработке с анализом коэффициентов начальной регрессии интервалов между нулями входной реализации сигналов частоты Доплера.

Литература

1. Борзов А.Б., Лихоеденко К.П., Муратов И.В., Павлов Г.Л., Сучков В.Б. Анализ селективных признаков наземных радиолокационных целей //Журнал радиоэлектроники №9. 2009.
2. Хохлов В.К. Обнаружение, распознавание, пеленгация объектов в ближней локации: Учеб. Пособие. – М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2005. 336 с.