

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

В.И. Костылев

ДЕТЕКТОРНЫЕ ФУНКЦИИ MATLAB

Учебное пособие для вузов

Издательско-полиграфический центр
Воронежского государственного университета
2013

Одной из центральных в теории обработки сигналов является проблема обнаружения (детектирования) сигнала в шуме. Не претендуя на полноту, в качестве примера можно упомянуть монографии [1–8], посвящённые тем или иным аспектам указанной проблемы.

В последних версиях программной среды MATLAB появились встроенные функции, численно решающие некоторые классические задачи теории обнаружения. Настоящее учебное пособие посвящено описанию пяти таких функций, а именно, `albersheim`, `shnidman`, `npwgnthresh`, `rocsnr` и `rocpfa`.

1. Функция `albersheim`

Функция `albersheim` позволяет найти необходимое значение отношения сигнал–шум (ОСШ).

1.1 Синтаксис

`SNR = albersheim(prob_Detection, prob_FalseAlarm)`

`SNR = albersheim(prob_Detection, prob_FalseAlarm, N)`

1.2 Описание

Команда `SNR = albersheim(prob_Detection, prob_FalseAlarm)` возвращает значение ОСШ в децибелах. Такое ОСШ требуется для достижения заданных вероятностей правильного обнаружения `prob_Detection` и ложной тревоги `prob_FalseAlarm` для одного отсчета.

Команда `SNR = albersheim(prob_Detection, prob_FalseAlarm, N)` определяет требуемое ОСШ при некогерентном объединении `N` отсчетов.

1.3 Определение

Формула Альбершейма [9–11] позволяет приближенно вычислить ОСШ в замкнутом виде. Это значение ОСШ необходимо для достижения заданных вероятностей правильного обнаружения и ложной тревоги для неколеблущейся радиолокационной цели при наличии гауссова шума. Такое приближение применимо к линейному детектору и может быть обобщено на случай объединения N отсчетов.

Пусть $A = \ln(0,62/P_{FA})$ и $B = \ln[P_D/(1-P_D)]$, где P_{FA} и P_D вероятности ложной тревоги и правильного обнаружения.

Тогда формула Альбершейма для ОСШ, измеряемого в децибелах, есть [9, 10]:

$$SNR = -5 \lg N + \left[6,2 + 4,54 / \sqrt{N + 0,44} \right] \lg(A + 0,12AB + 1,7B),$$

где SNR – отношение сигнал–шум, N – количество некогерентно объединяемых отсчетов.

1.4 Примеры

Найти ОСШ одного отсчета для вероятности правильного обнаружения $P_D = 0,99$, как функцию вероятности ложной тревоги. Текст программы, реализующей это задание, показан на рис. 1.

2.2 Описание

Команда $SNR = \text{shnidman}(\text{Prob_Detect}, \text{Prob_FA})$ возвращает вычисленное с помощью формулы Шнидмана требуемое значение ОСШ, выраженное в децибелах, для заданных вероятностей правильного обнаружения и ложной тревоги. Для неколеблущейся радиолокационной цели значение ОСШ определяется для одиночного импульса и числа Сверлинга, равного нулю.

Команда $SNR = \text{shnidman}(\text{Prob_Detect}, \text{Prob_FA}, N)$ возвращает значение ОСШ для неколеблущейся цели в случае некогерентного объединения N импульсов.

Команда $SNR = \text{shnidman}(\text{Prob_Detect}, \text{Prob_FA}, N, \text{Swerling_Num})$ возвращает требуемое ОСШ для числа Сверлинга, равного Swerling_Num .

2.3 Определение

2.3.1 Формулы Шнидмана

Формулы Шнидмана – группа формул, позволяющих оценить требуемое ОСШ для установленных вероятностей ложной тревоги и правильного обнаружения. Как и формула Альбершейма (см. предыдущий пункт), формула Шнидмана применима как в случае одиночного импульса, так и в случае объединения N импульсов. Отличие заключается в том, что формула Шнидмана предназначена для квадратичных детекторов и применима к колеблющимся радиолокационным целям. Число Сверлига – важный параметр, входящий в формулы Шнидмана.

2.3.2 Число Сверлинга

Значение числа Сверлинга характеризует проблему обнаружения флуктуирующих импульсов с точки зрения: а) модели декорреляции для принятых импульсов; б) распределения разброса, влияющего на плотность вероятности эффективной площади отражения (ПВЭПО) цели.

Каждому числу Сверлинга соответствует одна из двух моделей декорреляции (межимпульсная и межпоисковая декорреляции) и одна из двух ПВЭПО. Последняя зависит от наличия или отсутствия основного разброса.

Число Сверлинга	Описание
0	Неколеблющиеся цели
1	Межпоисковая декорреляция. Большое количество случайно распределенных разбросов; основной разброс отсутствует. Распределение Рэлея или экспоненциальное распределение

2	Межимпульсная декорреляция. Большое количество случайно распределенных разбросов; основной разброс отсутствует. Распределение Рэлея или экспоненциальное распределение
3	Межпоисковая декорреляция. Присутствует основной разброс. Плотность вероятности – хиквадрат с четырьмя степенями свободы
4	Межимпульсная декорреляция. Присутствует основной разброс. Плотность вероятности – хиквадрат с четырьмя степенями свободы

2.4 Примеры

Найти и сравнить требуемые ОСШ одного импульса для чисел Сверлинга 1 и 3. Текст программы, исполняющей это задание, приведён на рис. 5, а результаты расчёта – на рис. 6.

```

Pfa = 1e-6:1e-5:.0001; % Вероятности ложной тревоги
Pd = 0.99; % Вероятность обнаружения
SNR_Sw1 = zeros(1,length(Pfa)); % Вектор для хранения ОСШ.
SNR_Sw3 = zeros(1,length(Pfa)); % Вектор для хранения ОСШ.
for j=1:length(Pfa)
    % Число Сверлинга - 1, основной разброс отсутствует
    SNR_Sw1(j) = shnidman(Pd,Pfa(j),1,1);
    % Число Сверлинга - 3, основной разброс присутствует
    SNR_Sw3(j) = shnidman(Pd,Pfa(j),1,3);
end
semilogx(Pfa,SNR_Sw1,'k','linewidth',2);
hold on;
semilogx(Pfa,SNR_Sw3,'b','linewidth',2);
axis([1e-6 1e-4 15 35]);
xlabel('False-Alarm Probability');
ylabel('SNR');
title('Required Single-Pulse SNR for P_d=0.99');
legend('Swerling Case 1','Swerling Case 3',...
    'Location','SouthWest');
```

Рис. 5. Текст программы

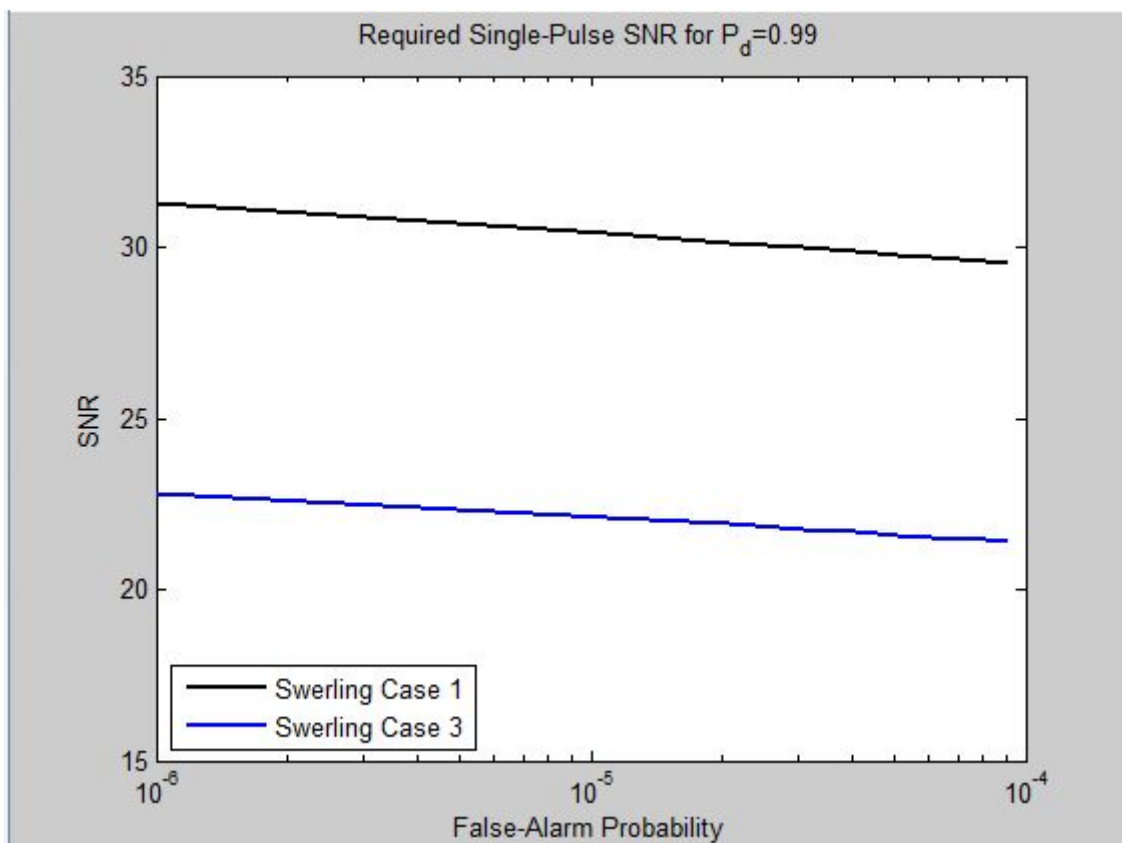


Рис. 6. Зависимость от вероятности ложной тревоги требуемого (для обеспечения вероятности правильного обнаружения $P_D = 0,99$) отношения сигнал–шум по первой и третьей моделям Сверлинга

Из рис. 6 следует, что наличие основного разброса уменьшает ОСШ, необходимое для достижения установленных вероятностей правильного обнаружения и ложной тревоги.

3. Функция npwgnthresh

Функция npwgnthresh предназначена для определения порогового ОСШ при обнаружении детерминированного сигнала на фоне гауссова шума.

3.1 Синтаксис

$SNRTHRESH = npwgnthresh(PFA)$

$SNRTHRESH = npwgnthresh(PFA, NPULS)$

$SNRTHRESH = npwgnthresh(PFA, NPULS, DTYPE)$

3.2 Описание

Команда $SNRTHRESH = npwgnthresh(PFA)$ рассчитывает пороговое ОСШ в децибелах при обнаружении детерминированного сигнала на фоне гауссова шума. Для получения заданной вероятности ложной тревоги используется критерий Неймана-Пирсона [1–9]. Данная функция соответствует работе квадратичного детектора, который используется при некогерентном обнаружении.