

ОСНОВЫ ТЕОРИИ ОБНАРУЖЕНИЯ СИГНАЛОВ



РЛС обнаружения
низколетящих целей

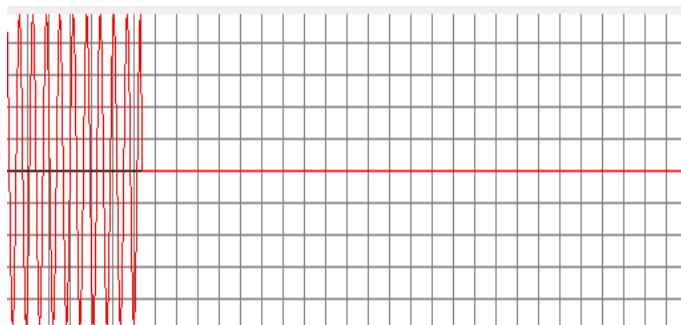
ОСНОВЫ ТЕОРИИ ОБНАРУЖЕНИЯ СИГНАЛОВ

Типовые задачи, решаемые радиотехническими информационными системами:

- обнаружение сигналов;
- разрешение сигналов, т.е. обнаружение одного сигнала, при наличии других сигналов;
- измерение (оценка) параметров сигналов;
- совместное обнаружение и оценивание параметров сигнала;
- распознавание сигналов, т.е. отнесение их к тому или иному классу.

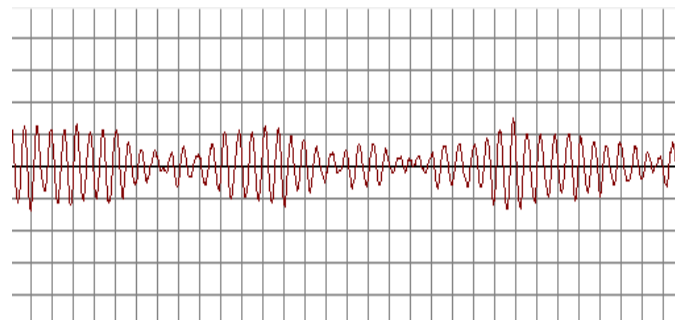
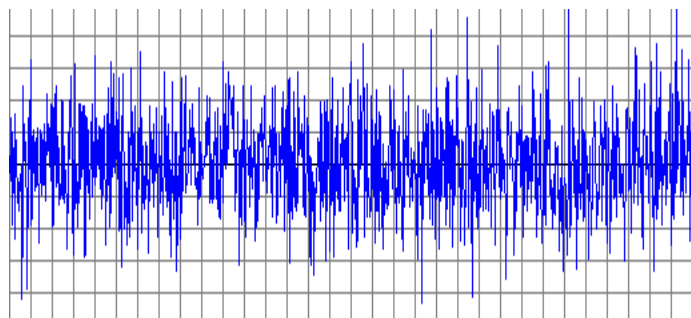
ПРИМЕР

Сигнал

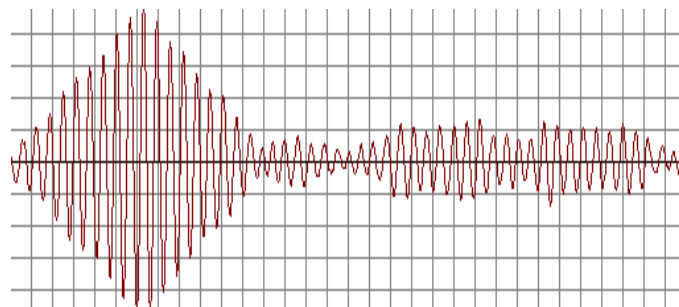
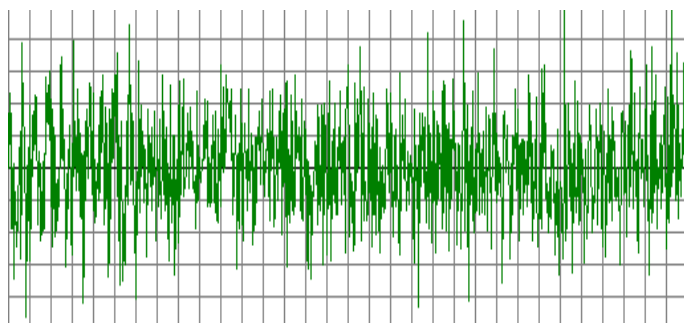


Результаты обработки

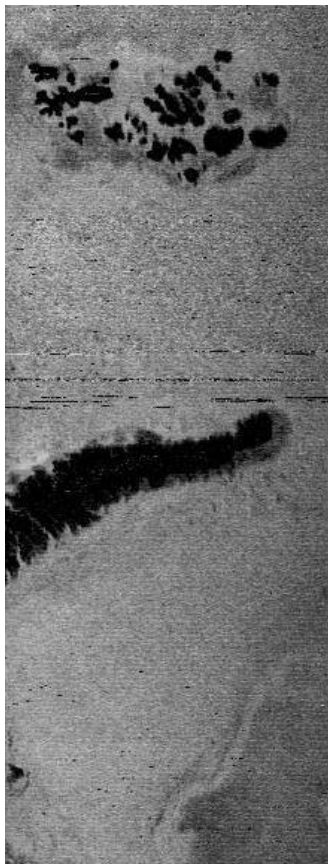
Шум



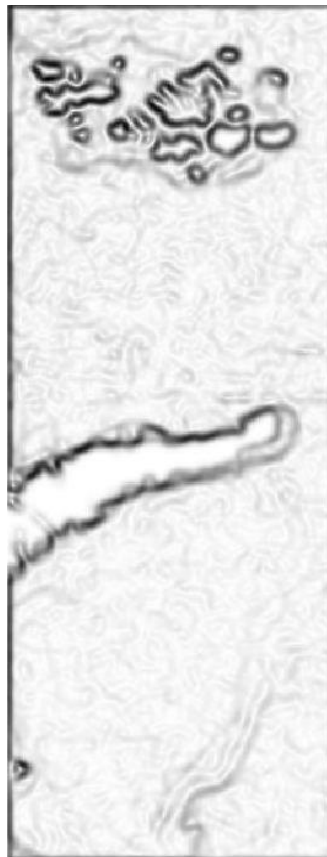
Сигнал
+ шум



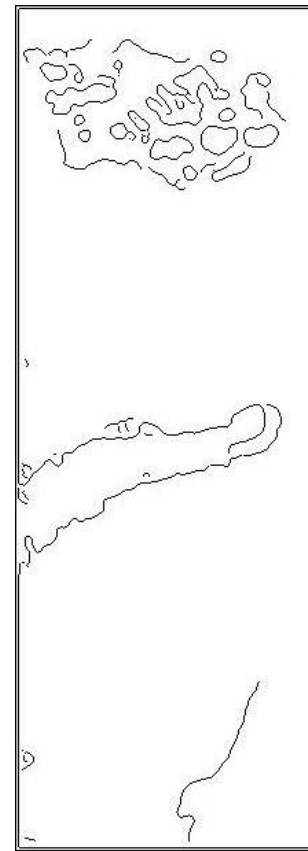
ПРИМЕР



Исходное изображение



Результат
первичной
обработки



Результат
обнаружения контуров

ПРИМЕР

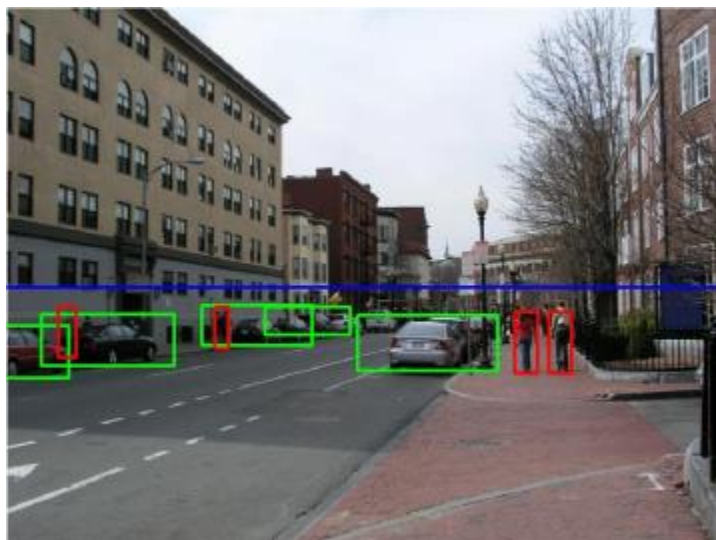


Исходное изображение

Результат обнаружения длинных
отрезков прямых

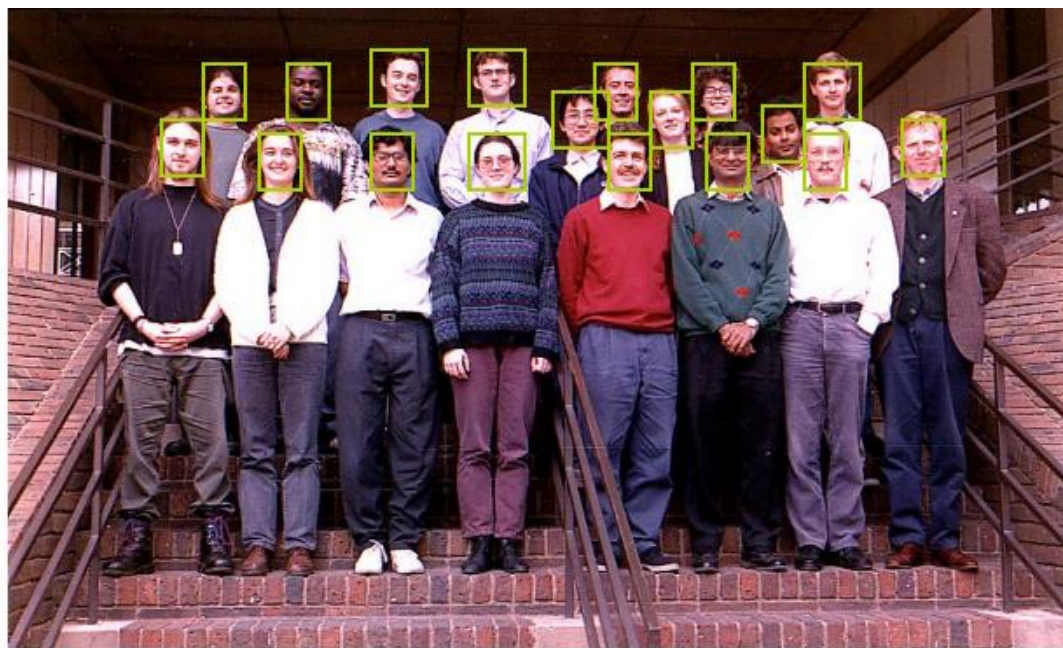


ПРИМЕР

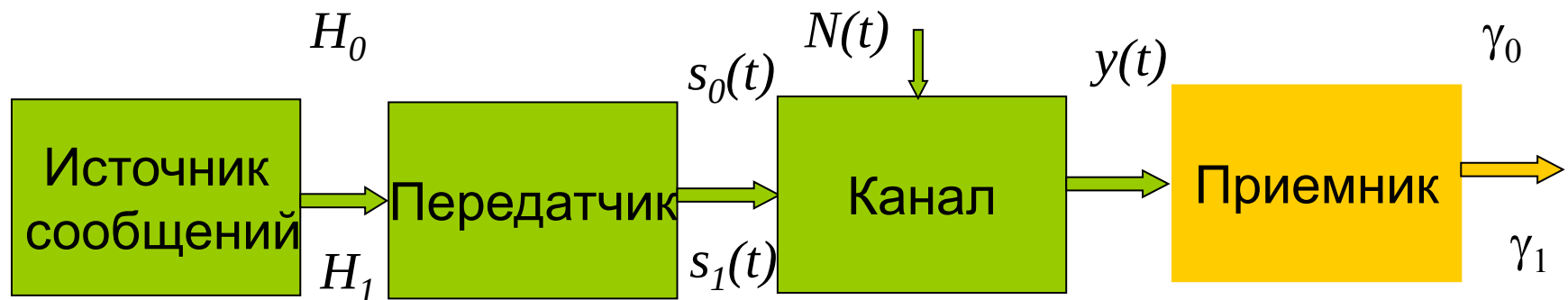


Обнаружение пешеходов и автомобилей

Обнаружение лиц



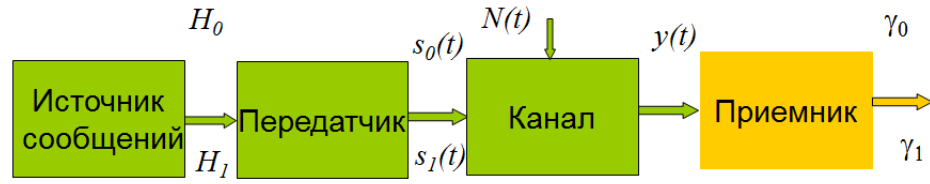
ОСНОВЫ ТЕОРИИ ОБНАРУЖЕНИЯ СИГНАЛОВ



Источник сообщений может находиться в одном из двух взаимоисключающих друг друга состояний.

H_0 или H_1 - гипотезы, соответствующие двум возможным состояниям источника

ОСНОВЫ ТЕОРИИ ОБНАРУЖЕНИЯ СИГНАЛОВ



В зависимости от состояния источника
на входе приемного устройства
наблюдается сигнал

$\vec{y} = \{y(t), 0 \leq t \leq T\};$ T - интервал наблюдения

$\vec{y} = \{y_i = y(t_i), i = \overline{1, n}\};$ n – объем выборки

Далее будем полагать:

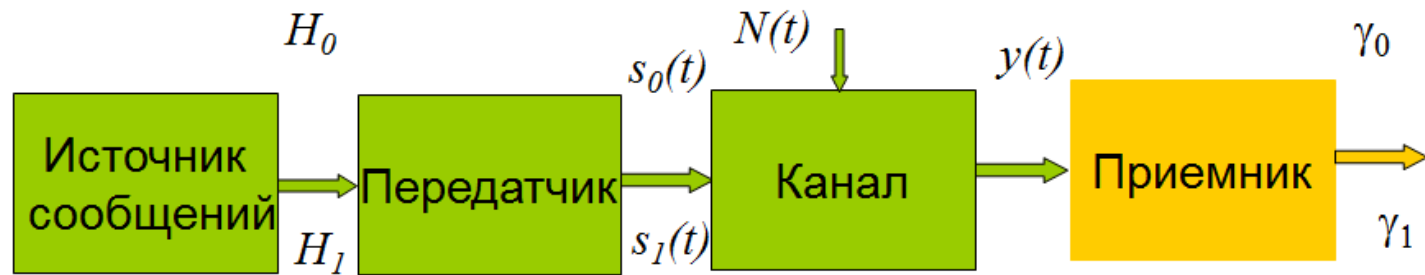
$$H_0 : \vec{y} = \vec{\eta};$$

$$s_0(t) = 0;$$

$$H_1 : \vec{y} = \Psi[\vec{s}, \vec{\eta}];$$

$$s_1(t) = s(t)$$

ОСНОВЫ ТЕОРИИ ОБНАРУЖЕНИЯ СИГНАЛОВ



Обнаружение сигнала на фоне помех – анализ наблюдаемой выборки $\vec{y}$ с целью принятия решения о наличии или отсутствии в ней сигнала, т.е.

необходимо произвести выбор между гипотезами H_0 и H_1 , состоящий в принятии решения γ_0 об отсутствии или решения γ_1 о наличии сигнала в наблюдаемой выборке.

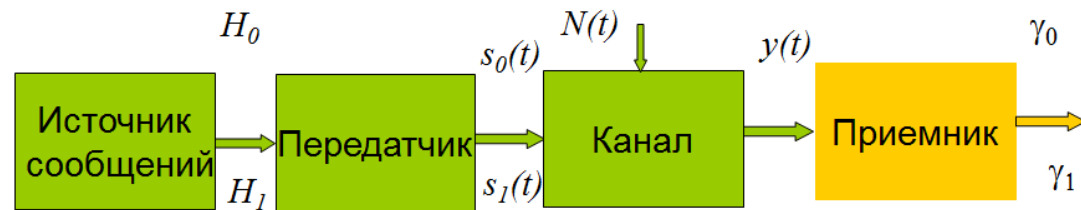
Гипотеза H_0 - нулевая гипотеза (гипотеза);

Гипотеза H_1 - альтернативная гипотеза (альтернатива);

ОСНОВЫ ТЕОРИИ ОБНАРУЖЕНИЯ СИГНАЛОВ

Априорные вероятности
гипотез

$$\begin{cases} p_0 = P(H_0); \\ p_1 = P(H_1) = 1 - p_0; \end{cases}$$



Статистические свойства выборок полностью описываются совместными условными распределениями в зависимости от того, какая гипотеза является истинной,

$$w(\vec{y} | H_0) \text{ или } w(\vec{y} | H_1)$$

Гипотезы называются **простыми**, если соответствующие им функции правдоподобия полностью известны, т.е. не содержат неизвестных параметров.

В противном случае гипотезы являются **сложными**

БИНАРНАЯ ЗАДАЧА ОБНАРУЖЕНИЯ СИГНАЛОВ

При решении бинарной задачи обнаружения возможно четыре случайных события :

1. Принято решение γ_0 при условии, что верна гипотеза H_1 - ошибка второго рода или пропуск сигнала;

$$P(\gamma_0 | H_1) = \beta$$

2. Принято решение γ_1 при условии, что верна гипотеза H_1 - правильное обнаружение

$$P(\gamma_1 | H_1) = 1 - P(\gamma_0 | H_1) = 1 - \beta$$

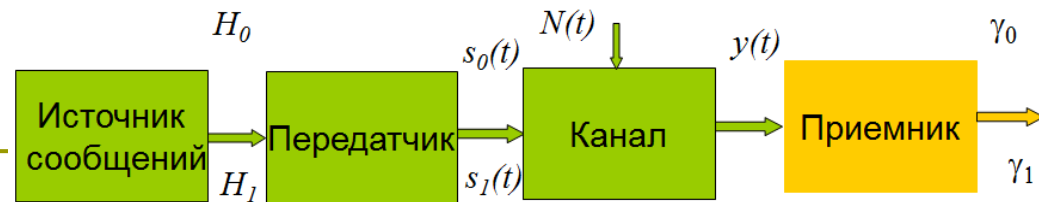
3. Принято решение γ_1 при условии, что верна гипотеза H_0 - ошибка первого рода или ложная тревога

$$P(\gamma_1 | H_0) = \alpha$$

4. Принято решение γ_0 при условии, что верна гипотеза H_0 - правильное необнаружение.

$$P(\gamma_0 | H_0) = 1 - P(\gamma_1 | H_0) = 1 - \alpha$$

СОБЫТИЯ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ОБНАРУЖЕНИЯ



	Условие (гипотеза)	Решение	Наименование события	Условные вероятности
1.	H_1	γ_0	Ошибка второго рода (пропуск сигнала)	$P(\gamma_0 H_1) = \beta$
2. 3.		γ_1	Правильное обнаружение	$P(\gamma_1 H_1) = 1 - \beta$
4.	H_0	γ_1	Ошибка первого рода (ложная тревога)	$P(\gamma_1 H_0) = \alpha$
		γ_0	Правильное необнаружение	$P(\gamma_0 H_0) = 1 - \alpha$

ПРОСТРАНСТВО НАБЛЮДЕНИЙ

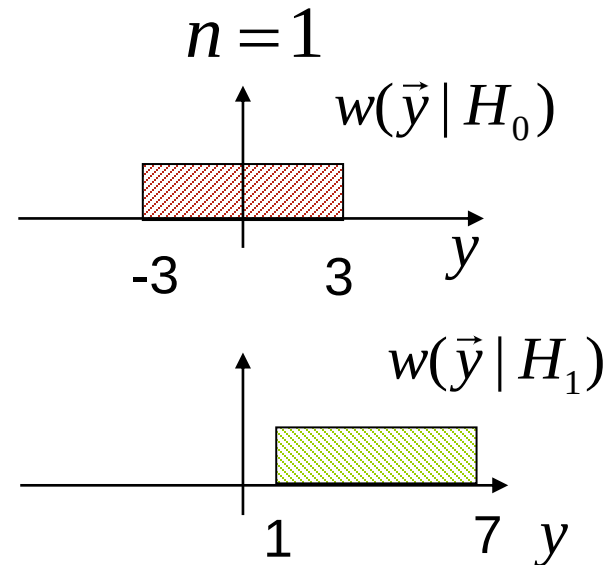
Пространство наблюдений G - множество всех возможных значений выборки $\vec{y}$

Пример:

$$s = 4; \quad w(\eta) = \begin{cases} 1/6, \eta \in [-3, 3]; \\ 0, \eta \notin [-3, 3]. \end{cases}$$

$$H_0 : \vec{y} = \{y_i = \eta_i, i = \overline{1, n}\};$$

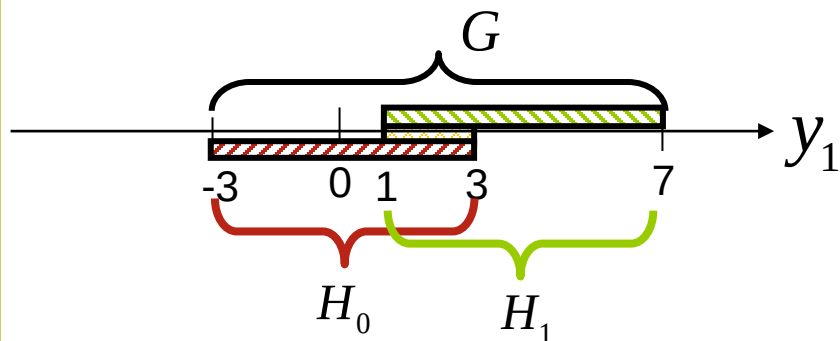
$$H_1 : \vec{y} = \{y_i = s + \eta_i, i = \overline{1, n}\};$$



ПРОСТРАНСТВО НАБЛЮДЕНИЙ

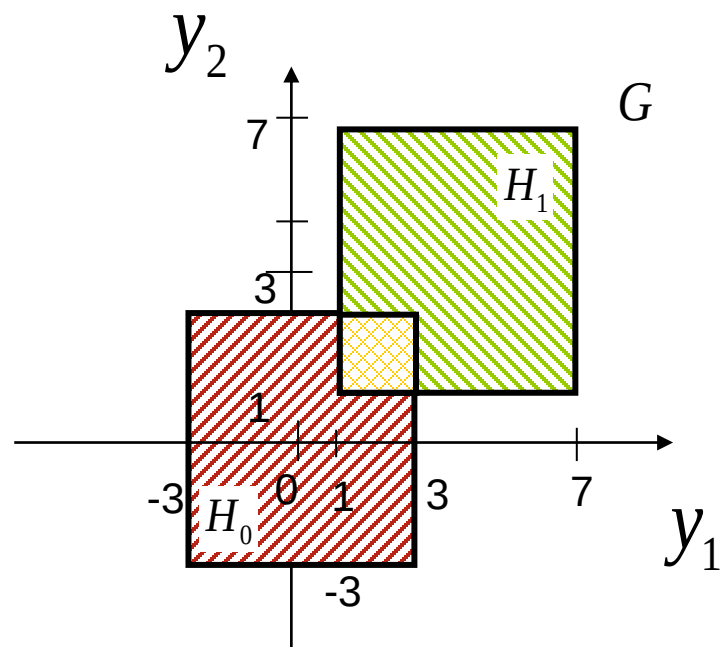
$n=1$

$$\vec{y} = y_1$$



$n=2$

$$\vec{y} = \{y_1, y_2\}$$

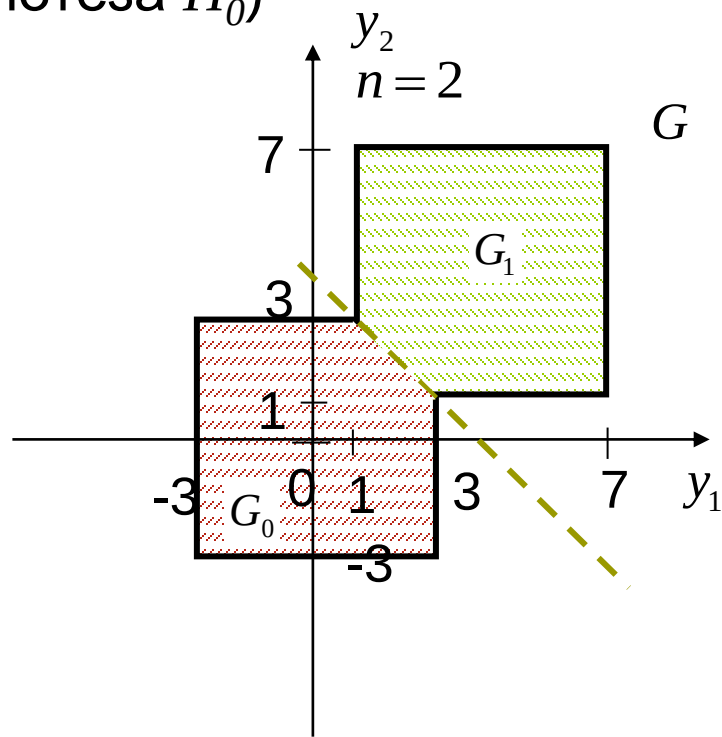
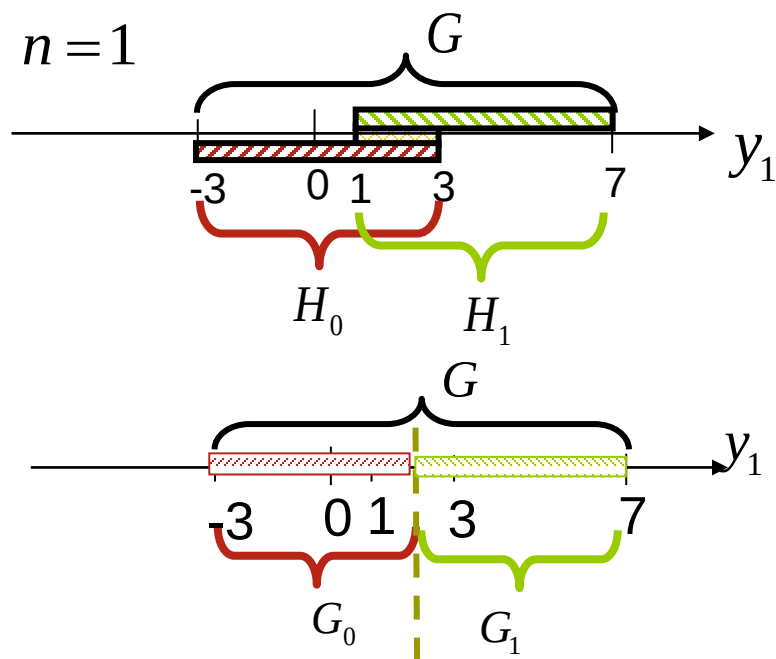


АЛГОРИТМ ОБНАРУЖЕНИЯ

Алгоритм обнаружения задает правило разбиения пространства наблюдений G на две непересекающиеся области G_0 и $G_1 = G \setminus G_0$

$\vec{y} \in G_0 \rightarrow \gamma_0$ (полагается истинной гипотеза H_0)

$\vec{y} \notin G_0 \rightarrow \gamma_1$ (отвергается гипотеза H_0)



ОПТИМАЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ ОБНАРУЖЕНИЯ

Поскольку пространство наблюдений разбивается на две непересекающиеся области, то для определения алгоритма обнаружения достаточно выбрать область G_0

$$\begin{cases} \alpha = P(\gamma_1 | H_0) = 1 - P(\gamma_0 | H_0) = 1 - P(\vec{y} \in G_0 | H_0) = 1 - \int_{G_0} w(\vec{y} | H_0) d\vec{y} \\ \beta = P(\gamma_0 | H_1) = P(\vec{y} \in G_0 | H_1) = \int_{G_0} w(\vec{y} | H_1) d\vec{y} \end{cases}$$

$n=1$

