

# Алгоритмы контролируемой классификации: оценка обучающих выборок и точности классификации

Лектор: к.т.н. Токарева Ольга Сергеевна  
Лекция 7

# Обучающие выборки

**Обучающие выборки (ОВ)** – наборы пикселей, которые представляют распознаваемый образ (класс) и служат его идентификации.

**Основные требования**, предъявляемые к ОВ:

репрезентативность;

пиксели выборки должны отвечать одному классу на местности;

такой класс должен занимать территорию, которая достаточно хорошо представлена пикселями на снимке заданного ПР.

**Репрезентативность ОВ** определяет:

одномодальность гистограммы распределения яркости,

характеризующая близость распределения к нормальному;

минимальность дисперсии, характеризующая однородность данных;

разделимость в спектральном пространстве.

# Создание обучающих выборок

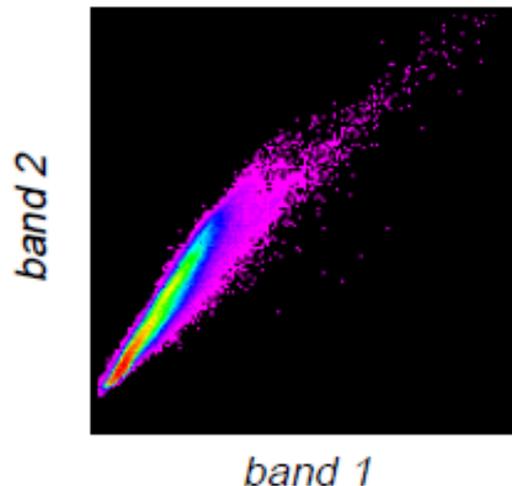
## Способы выбора эталонов:

- идентификация набора пикселей с близкими спектральными характеристиками;
- определение полигона на местности, необязательно с близкими спектральными характеристиками;
- использование векторной тематической карты, наложенной на снимок;
- использование класса из тематического растрового слоя в ГИС, например, полученного в результате неконтролируемой классификации;
- выращивание полигона из затравки.

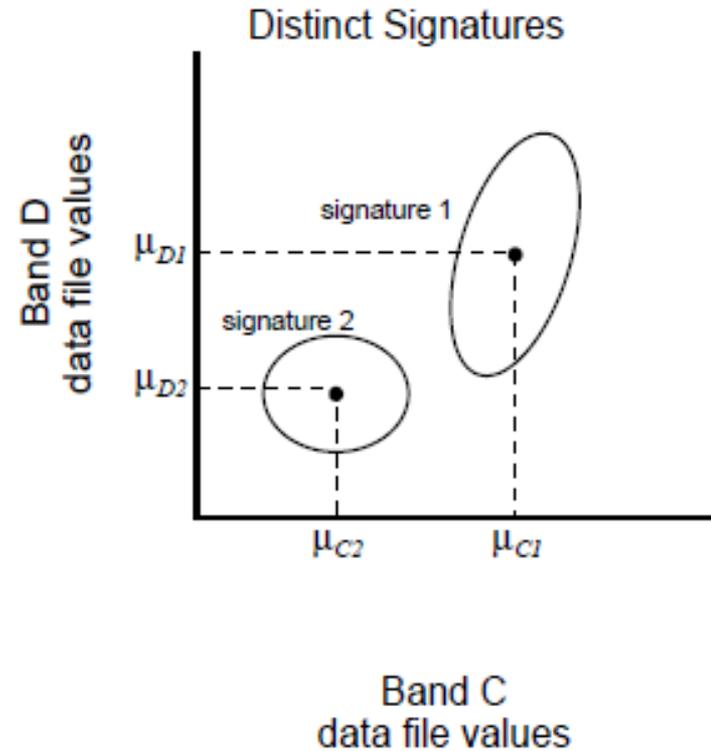
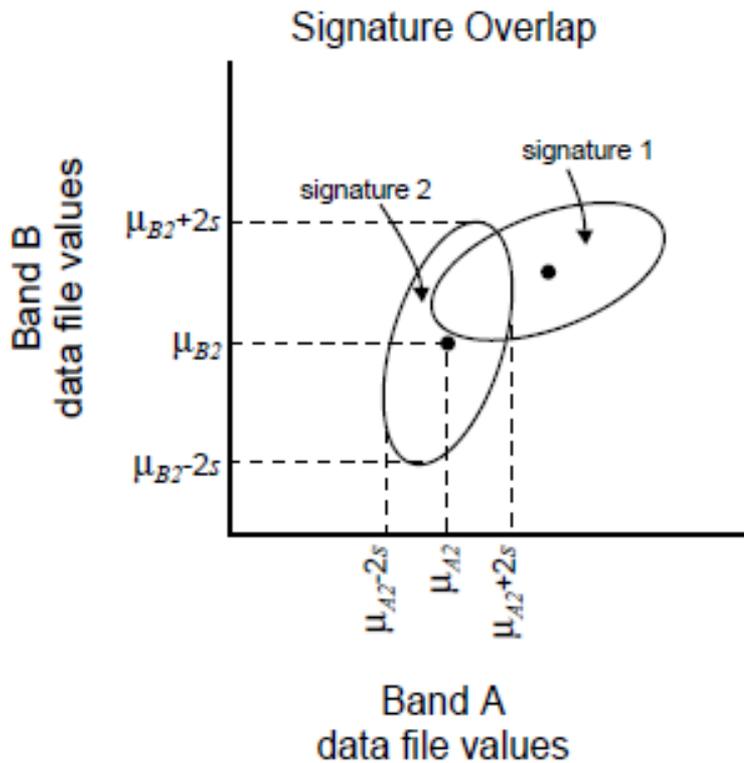
# Обучающие выборки

**Параметрические ОВ** основаны на статистических параметрах, например, векторе средних значений яркости и коэффициентах ковариационной матрицы  $C$ , вычисленных по зональным значениям пикселей в полигоне обучающей выборки. Априорно предполагается, что распределение данных нормальное.

**Непараметрические ОВ** основаны на дискретных объектах: полигонах или прямоугольниках, образуемых пользователем на изображении спектрального пространства признаков (СПП). Изображение СПП представляет собой двумерную спектральную гистограмму, т. е. график зависимости СЯ одной зоны снимка от яркостей другой зоны.



# Оценка разделимости обучающих выборок



# Оценка разделимости обучающих выборок. Евклидово расстояние

Разделимость ОВ основана на оценке статистического расстояния между двумя выборками. Чаще всего его задают как евклидово расстояние – спектральное расстояние между векторами средних значений каждой пары выборок в пространстве признаков:

$$R(M_{\omega_1}, M_{\omega_2}) = \sqrt{\sum_{l=1}^L (X_{ij1}^l - X_{ij2}^l)^2}$$

где  $R(M_{\omega_1}, M_{\omega_2})$  – расстояние между классами  $\omega_1$  и  $\omega_2$ ,

$M_{\omega_1}, M_{\omega_2}$  – средние значения выборок классов (центры классов в спектральном пространстве),

$X_{ij1}^l, X_{ij2}^l$  – зональные координаты векторов средних значений классов,

$L$  - число зон.

# Оценка разделимости обучающих выборок. Расстояние Джеффриса-Матуситы

$$\alpha = \frac{1}{8}(\mu_i - \mu_j)^T \left( \frac{C_i + C_j}{2} \right)^{-1} (\mu_i - \mu_j) + \frac{1}{2} \ln \left( \frac{|(C_i + C_j)/2|}{\sqrt{|C_i| \times |C_j|}} \right)$$

$$JM_{ij} = \sqrt{2(1 - e^{-\alpha})}$$

where:

$i$  and  $j$  = the two signatures (classes) being compared

$C_i$  = the covariance matrix of signature  $i$

$\mu_i$  = the mean vector of signature  $i$

$\ln$  = the natural logarithm function

$|C_i|$  = the determinant of  $C_i$  (matrix algebra)

$$C_x = E\{(X - M_x)(X - M_x)^T\}$$

# Оценка разделимости обучающих выборок. Дивергенция

$$D_{ij} = \frac{1}{2} \text{tr}((C_i - C_j)(C_i^{-1} - C_j^{-1})) + \frac{1}{2} \text{tr}((C_i^{-1} - C_j^{-1})(\mu_i - \mu_j)(\mu_i - \mu_j)^T)$$

where:

$i$  and  $j$  = the two signatures (classes) being compared

$C_i$  = the covariance matrix of signature  $i$

$\mu_i$  = the mean vector of signature  $i$

$\text{tr}$  = the trace function (matrix algebra)

$T$  = the transposition function

# Оценка разделимости обучающих выборок. Трансформированная дивергенция

$$D_{ij} = \frac{1}{2} \text{tr}((C_i - C_j)(C_i^{-1} - C_j^{-1})) + \frac{1}{2} \text{tr}((C_i^{-1} - C_j^{-1})(\mu_i - \mu_j)(\mu_i - \mu_j)^T)$$

$$TD_{ij} = 2 \left( 1 - \exp\left(\frac{-D_{ij}}{8}\right) \right)$$

where:

$i$  and  $j$ = the two signatures (classes) being compared

$C_i$ = the covariance matrix of signature  $i$

$\mu_i$ = the mean vector of signature  $i$

$\text{tr}$ = the trace function (matrix algebra)

$T$ = the transposition function

$TD$  is between 0 and 2000.

$JM$  is between 0 and 1414.

## Оценка точности классификации. Матрица ошибок классификации

Классификация	Классы на местности					
	Селитебные земли	Промзоны	Леса	Болота	Водоемы	Всего
Селитебные земли	70	5	13	0	0	88
Промзоны	3	55	0	0	0	58
Леса	0	0	37	4	0	41
Болота	0	0	0	99	0	99
Водоемы	0	0	0	0	121	121
Всего	73	60	50	103	121	407

Ошибка пропуска для класса «Леса»  $13/50=26\%$ ,  
ошибка добавления для класса «Селитебные земли»  $18/88=20\%$

Индекс Каппа  $\kappa = (d - q) / (N - q)$

где  $d$  – число случаев правильного получения  
результата (сумма значений, стоящих на  
диагонали матрицы соответствия);

$$q = \sum n_c n_r / N$$

$$q = ((88*73 + 58*60 + 41*50 + 99*103 + 121*121)) / 407 = 90,398$$

$$\kappa = (382 - 90,398) / (407 - 90,398) = 0,921. \quad 382/407 = 0,938$$