

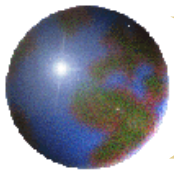


Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского

**Алгоритм определения унифицированных
показателей информативности
дешифровочных признаков, имеющих
различную форму представления**

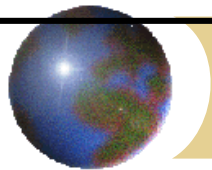
Жуков Д.В., Марков А.В., Харжевский Е.В.

2023



Введение

- ❖ При разработке алгоритмов автоматической тематической обработки разнородных материалов космической съемки существует объективная проблема выбора из всего многообразия формализованных дешифровочных признаков (ФДП) наиболее информативных, обеспечивающих решение задачи распознавания объектов интереса с требуемой или максимально возможной результативностью
- ❖ Основные сложности при априорном оценивании информативности ФДП связаны с неустойчивостью ряда признаков (зависимостью значений ФДП от параметров съемочной аппаратуры, углов и ракурсов визирования, условий освещенности и др.), а также с имеющимися различиями в способах их формализованного описания
- ❖ ФДП могут быть представлены в вероятностном или детерминированном виде. Вероятностные ФДП (к ним относится большинство яркостных признаков) задаются параметрами нормального распределения, детерминированные (геометрические, комплексные и некоторые яркостные признаки) – в виде чисел, векторов или матриц смежности.
- ❖ Для сравнения разделительной способности отдельных разнородных ФДП их информативность должна характеризоваться унифицированными показателями, приведенными к единой шкале.



Метод оценки апостериорных плотностей

Вероятность однозначной классификации объектов по признаку x_j

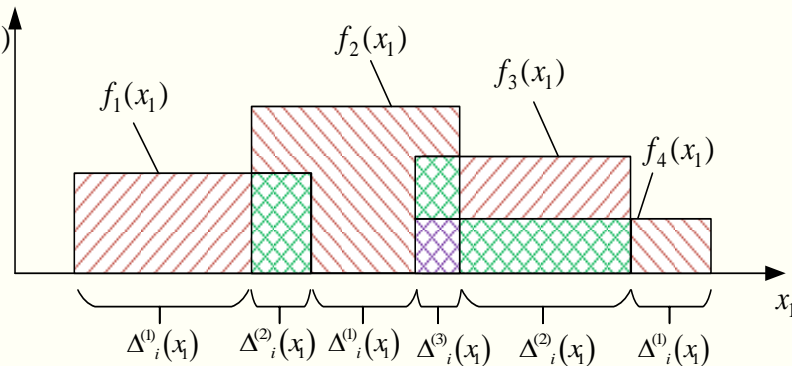
$$P_1 = \sum_{i=1}^m P(\omega_i) P[x_j \in \Delta_i^1(x_j/i)] = \sum_{i=1}^m P(\omega_i) P_p(\omega_i) = \sum_{i=1}^m P(\omega_i) \int_{\Delta_i^1(x_j)} f_i(x_j) dx, \quad f(x_1)$$

Вероятность получить двузначное решение вида класс ω_1 , или ω_2 по признаку x_j

$$P_2 = \sum_{i=1}^m P(\omega_i) P[x_j \in \Delta_i^2(x_j/i)] = \sum_{i=1}^m P(\omega_i) P_p(\omega_i) = \sum_{i=1}^m P(\omega_i) \int_{\Delta_i^2(x_j)} f_i(x_j) dx,$$

Вероятность получить m -значное решение вида класс ω_1 , или ω_2 , ..., или класс ω_m

$$P_m = \sum_{i=1}^m P(\omega_i) P[x_j \in \Delta_i^m(x_j/i)] = \sum_{i=1}^m P(\omega_i) \int_{\Delta_i^m(x_j)} f_i(x_j) dx.$$



Информативность признака оценивается через математическое ожидание $M(\xi)$ случайной величины ξ , которая может принимать значения $\xi = 1, \dots, m$ с вероятностями $P_i, i = 1, \dots, m$:

$$M(\xi) = \sum_{i=1}^m i \cdot P_i$$

Если $M_{x_1}(\xi) > M_{x_2}(\xi)$, то признак x_j обладает лучшими разделительными свойствами

$P(\omega_i)$ – априорная вероятность появления объекта ω_i ;
 $P_p(\omega_i)$ – вероятность однозначного распознавания объекта ω_i ;
 $f_i(x_j)$ – плотность распределения признака x_j для объекта ω_i ;

$\Delta_i^{(1)}(x_1), \Delta_i^{(2)}(x_1), \dots, \Delta_i^{(m)}(x_1)$ – интервал изменения признака x_j , где $f_i(x_j)$ не пересекается с функциями плотности распределения других элементов категории.

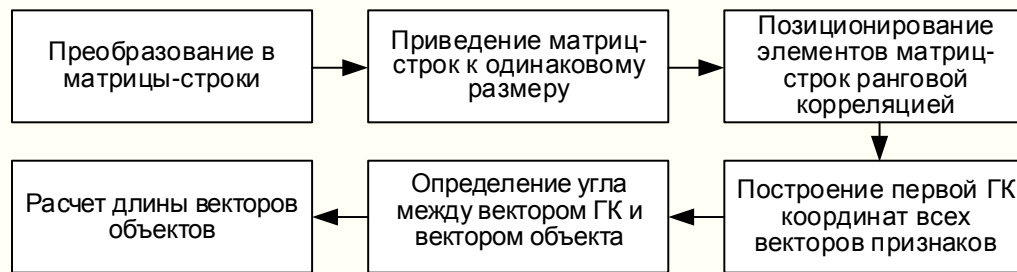
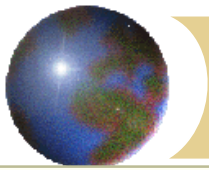


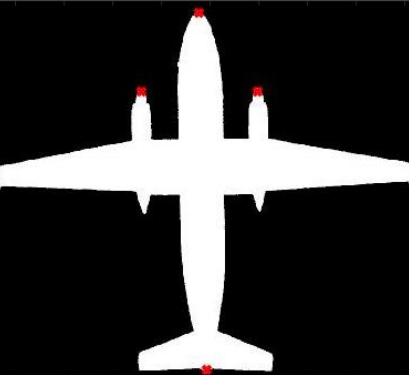
Рисунок – Схема алгоритма преобразования к числовому виду ФДП в матричной и векторной форме



Пример расчета информативности дешифровочных признаков, имеющих формализованные описания различного вида



Ключевые точки объекта ω_6



Ключевые точки объекта ω_3

1) Расчет матрицы расстояний

0,00	4,97	22,73	31,03	16,47	17,37	8,36	27,88	21,58	16,92
4,97	0,00	23,84	32,06	12,07	13,02	13,11	24,36	17,27	12,33
22,73	23,84	0,00	8,31	34,13	35,09	20,12	24,09	25,54	25,31
31,03	32,06	8,31	0,00	41,94	42,88	27,92	27,98	31,51	32,25
16,47	12,07	34,13	41,94	0,00	0,98	24,83	25,57	16,70	12,09
17,37	13,02	35,09	42,88	0,98	0,00	25,72	26,12	17,24	12,77
8,36	13,11	20,12	27,92	24,83	25,72	0,00	32,56	27,85	23,89
27,88	24,36	24,09	27,98	25,57	26,12	32,56	0,00	8,87	13,77
21,58	17,27	25,54	31,51	16,70	17,24	27,85	8,87	0,00	5,28
16,92	12,33	25,31	32,25	12,09	12,77	23,89	13,77	5,28	0,00

2) Преобразование в матрицы-строки путем сложения столбцов

167,31	153,03	219,16	275,87	184,77	191,18	204,36	211,21	171,85	154,60
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

1) Расчет матрицы расстояний

0,00	19,27	24,28	19,45
19,27	0,00	6,76	8,16
24,28	6,76	0,00	6,70
19,45	8,16	6,70	0,00

2) Преобразование в матрицы-строки путем сложения столбцов

63	34,19	37,74	34,31
----	-------	-------	-------

3) Приведение матриц-строк к одинаковому размеру

63	34,19	37,74	34,31	0	0	0	0	0
----	-------	-------	-------	---	---	---	---	---

4) Позиционирование элементов матриц-строк ранговой корреляции

$$\hat{\tau}_{kj}^S = 1 - \frac{6}{n^3 - n} \sum_{i=1}^n (x_j^{(k)} - x_j^{(i)})^2$$

ω_6	167,31	153,03	219,16	275,87	184,77	191,18	204,36	211,21	171,85	154,60
------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

ω_3	0	34,31	0	63	0	37,74	0	0	0	34,19
------------	---	-------	---	----	---	-------	---	---	---	-------

5) Построение первой ГК координат всех векторов признаков

$$\lambda_1 = \frac{1}{2} \left(\text{cov}_{11} + \text{cov}_{22} + \sqrt{(\text{cov}_{11} - \text{cov}_{22})^2 + 4 \text{cov}_{12}^2} \right)$$

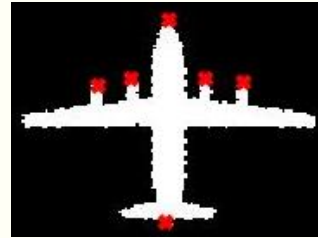
6) Расчет унифицированных числовых характеристик векторного признака – длины l и угла β с первой ГК, характеризующих величину признака и взаимное положение элементов вектора и исходной матрицы:

$$\alpha(\omega_3) = 29,6$$

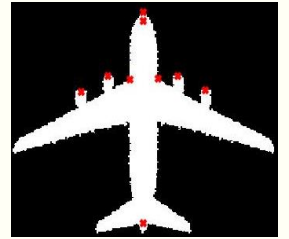
$$\alpha(\omega_6) = 13,6$$

$$d(\omega_3) = 136,1$$

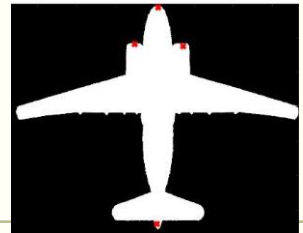
$$d(\omega_6) = 355$$



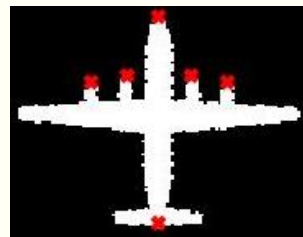
Ключевые точки объекта ω_1



Ключевые точки объекта ω_2



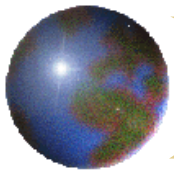
Ключевые точки объекта ω_4



Ключевые точки объекта ω_5

Результат оценивания информативности признаков

	ω_1	ω_2	ω_3	ω_4	ω_5	ω_6	$M(\xi)$
x_1	38	73,3	29,2	32	37	50,5	1,33
x_2	33	69,1	23,5	28	36	47	1,08
x_3	31,2	9,4	29,6	63,9	30,7	13,6	1,3
x_4	205	452,3	136,1	83,9	204,5	355	1,306



Выводы

- ✦ Предложен алгоритм определения унифицированных показателей информативности дешифровочных признаков, имеющих формализованные описания различного вида, предусматривающий преобразование матричных признаков к векторному виду и определение для полученных векторов унифицированных числовых характеристик, используемых для расчета показателей информативности.
- ✦ Алгоритм предусматривает выполнение следующих операций:
 - преобразование оцениваемого матричного признака для всех классов объектов интереса в вектор путем сложения значений элементов в каждом столбце;
 - приведение размерности полученных векторных признаков к размерности максимального вектора путем добавления элементов с нулевыми значениями;
 - позиционирование элементов векторных признаков с использованием ранговой корреляции;
 - построение первой главной компоненты координат векторов всех классов объектов;
 - расчет длины каждого векторного признака и угла между направлениями векторного признака и вектора первой главной компоненты.
- ✦ Полученные в результате параметры – длина и угол – характеризуют, соответственно, величину признака и взаимное положение элементов вектора или элементов преобразованной в вектор матрицы. Информативность признака может оцениваться по любому из этих параметров