

Моделирование механизмов поиска изображений по ассоциации с позиций теории активного восприятия

Выполнил студент:

Гай Н. В.

Научный руководитель:

д.т.н., профессор

Утробин В. А.

Цель и задачи работы

Целью выпускной квалификационной работы является разработка и исследование методов поиска изображений в графических базах данных по ассоциации на основе теории активного восприятия.

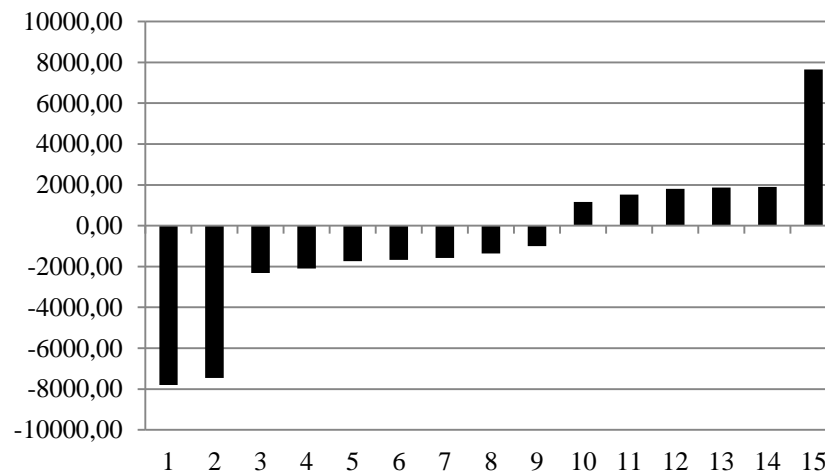
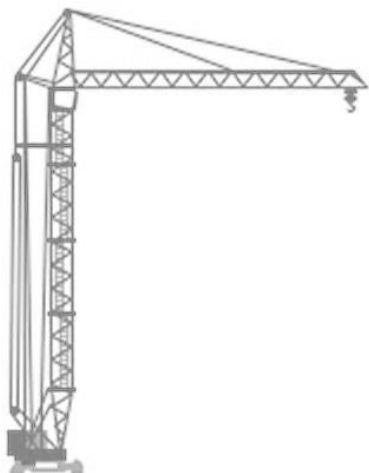
Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

- обзор и анализ известных трактовок понятия «ассоциативная память»;
- обзор и анализ современного состояния проблемы поиска изображений по содержимому, обзор признаков описаний изображений;
- разработка информационных моделей поиска и сохранения изображений на основе ассоциативных механизмов;
- разработка и исследование алгоритмов сохранения и поиска изображений.

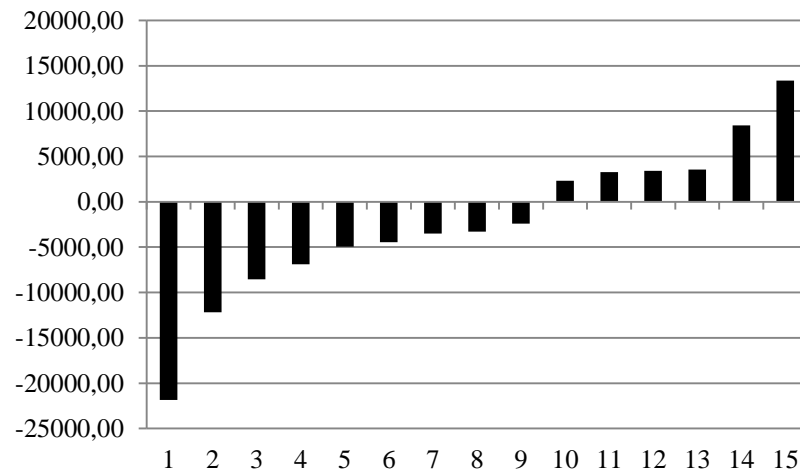
Научная новизна

1. Информационная модель базы данных цифровых изображений, основанная на теории активного восприятия, отличающаяся от известных использованием стратегии восприятия изображения от целого к частному при формировании признакового описания изображения, позволяющей повысить скорость поиска изображений в базе данных;
2. Алгоритмы сохранения и извлечения цифрового изображения из базы данных, разработанные для указанной модели.

Ассоциативно связанные изображения

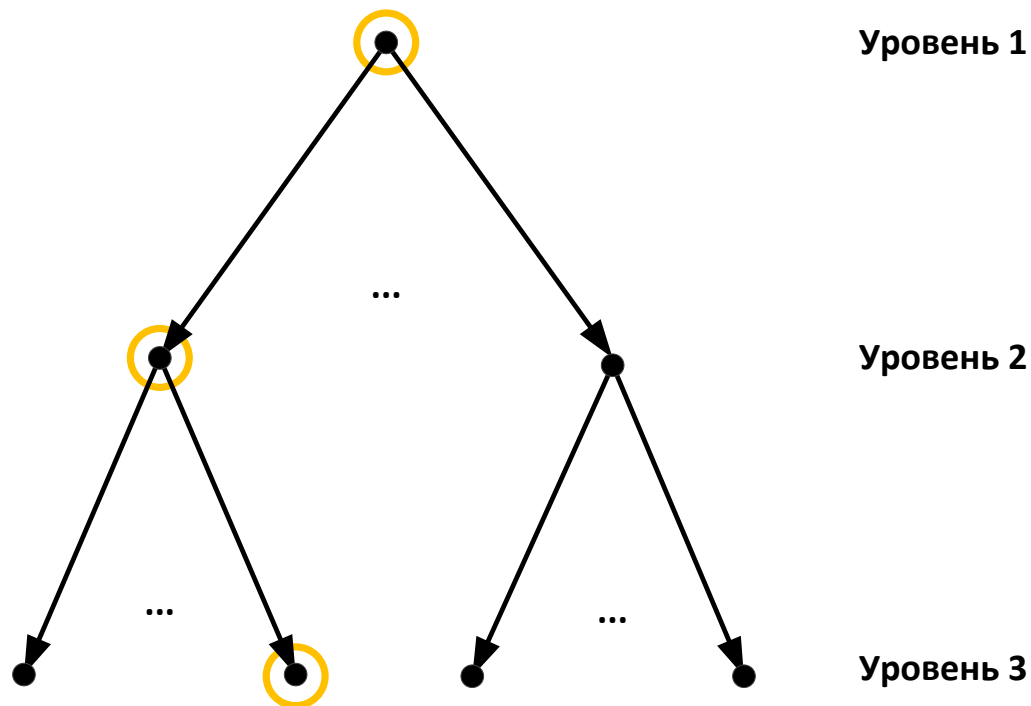
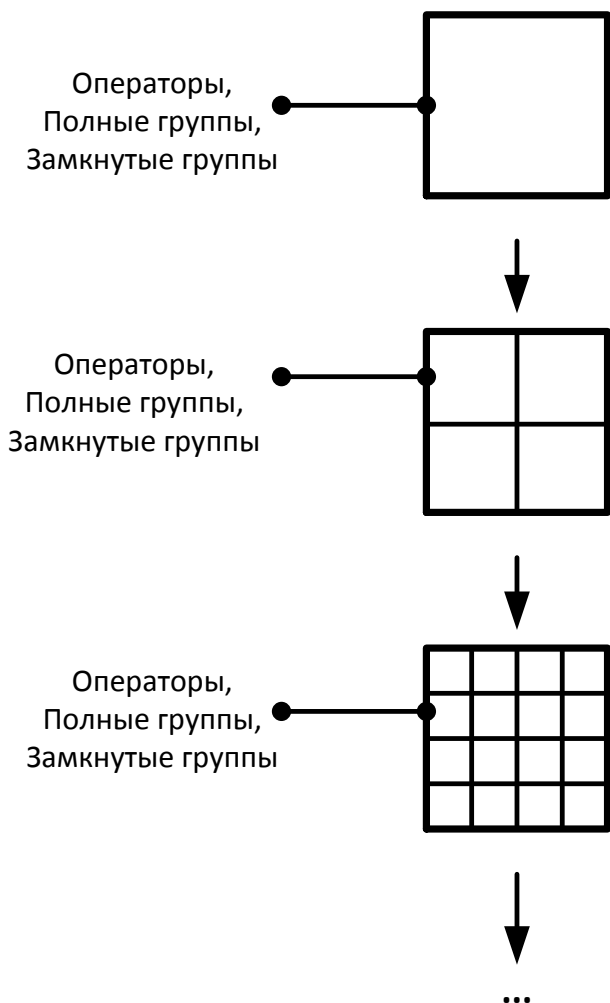


Спектральные коэффициенты



Спектральные коэффициенты

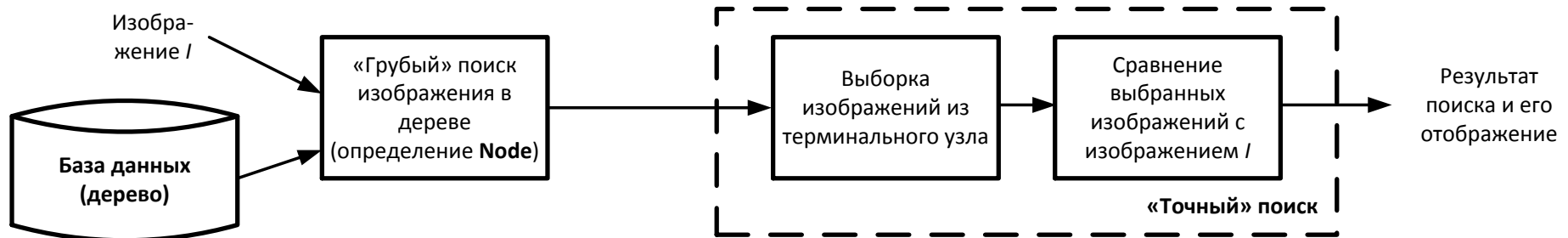
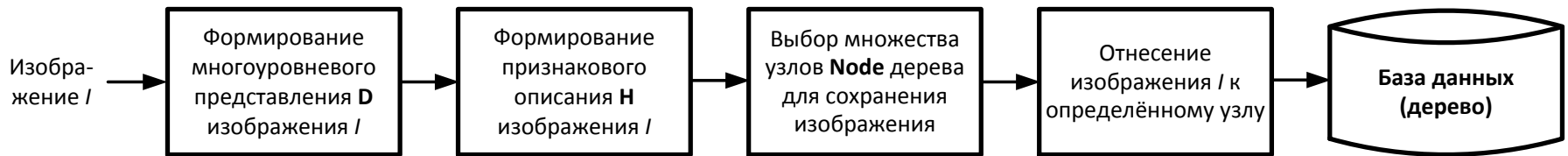
Модель ассоциативной памяти



Размещение изображения
в узлах N -арного дерева

Информационные модели

Информационная
модель сохранения
изображения



Информационная
модель поиска
изображения

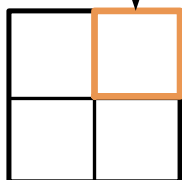
Выбор множества узлов

Выбор области изображения для анализа на i -ом уровне

Типы описаний:

1. Операторы (30 элем.);
2. Полные группы (140 элем.);
3. Замкнутые группы (840 элем.);

Выбранная область (используемое описание - операторы)

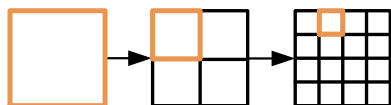


Признаковое описание:

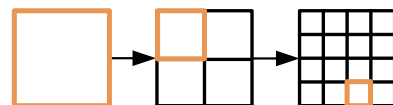
Имя оператора	V_1	V_2	V_3	\bar{V}_4	\bar{V}_5	V_6	V_7	\bar{V}_8
Масса (вес) оператора	20	30	100	30	40	50	20	10
Имя оператора	\bar{V}_9	V_{10}	\bar{V}_{11}	V_{12}	V_{13}	V_{14}	V_{15}	-
Масса (вес) оператора	30	60	30	20	10	30	40	-

Правило выбора области: на i -ом уровне выбирается область, описание которой содержит элемент описания (оператор или группу) с максимальной массой (весом)

с учётом области на $(i-1)$ уровне



без учёта области на $(i-1)$ уровне



Выбор узла на i -ом уровне

Бинарное дерево

Формирование бинарного описания выбранной области и определение расстояния до обобщающего эталона левой и правой ветви дерева

Бинарное описание области на основе операторов:

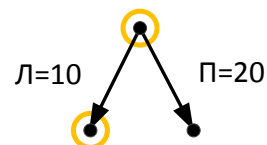
101010010110100101100110101010

Обобщ. этал. левой ветви:

111111111111111100000000000000

Обобщ. этал. правой ветви:

000000000000000011111111111111



Бинарное описание области и обобщающие эталоны зависят от выбранного типа описания

Не бинарное дерево

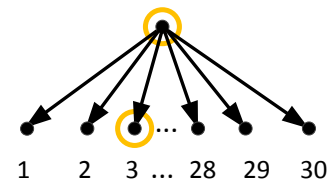
$N = 840$

$N = 140$

$N = 30$

Выбор элемента описания с максимальной массой

Масса (вес) оператора V_3 максимальна для данной области



описания

Бинарное описание на основе операторов – вектор из 30 элементов

Номер оператора	1	3	5	8	10	11	13	16	18	19	22	23	25	27	29
Имя оператора	V_1	V_2	V_3	\bar{V}_4	\bar{V}_5	V_6	V_7	\bar{V}_8	\bar{V}_9	V_{10}	\bar{V}_{11}	V_{12}	V_{13}	V_{14}	V_{15}
Масса оператора	20	30	100	30	40	50	20	10	30	60	30	20	10	30	40

Правило формирования описания области на основе операторов:

$$Desc_v[i] = \begin{cases} 1, & i\text{-ый оператор есть в описании;} \\ 0, & \text{если } i\text{-го оператора нет в описании} \end{cases}$$

Бинарное описание на основе полных групп – вектор из 140 элементов

Номер полной группы	2	18	26	44	49	54	63	66	70	75	80	89	101	129
Масса полной группы	828	844	848	799	812	726	766	923	716	936	836	801	750	913

Правило формирования описания области на основе полных групп (выбирается 7 максимальных по массе полных групп):

$$Desc_{P_n}[i] = \begin{cases} 1, \text{если } P_n[i] \neq 0; \\ 0, \text{иначе} \end{cases}$$

Бинарное описание на основе замкнутых групп – вектор из 840 элементов

Номер замкнутой группы	27	44	95	144	237	300	371	430	474	506	605	640	720	837
Масса замкнутой группы	365	259	227	267	270	212	271	264	271	173	273	266	164	234

Правило формирования описания области на основе замкнутых групп (выбирается 7 максимальных по массе полных групп):

$$Desc_{p_s}[i] = \begin{cases} 1, \text{если } P_s[i] \neq 0; \\ 0, \text{иначе} \end{cases}$$

Бинарное описание:

101010010110100101100110101010

Бинарное описание:

```
0000000000000000000010000000010000000000
000000000000000000001000000000000000000010000
00001000010000000000000000000000000000000000
00000000000000000000000000000000000000000000
```

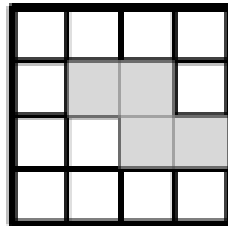
Бинарное описание:

[illegible]

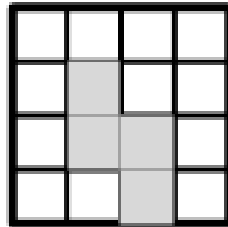
«Точный» поиск изображения

Изображения, выбранные
из базы данных:

Изобр. 1.

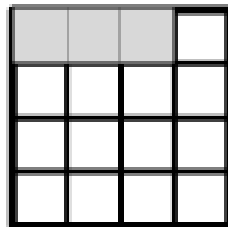


Изобр. 2.



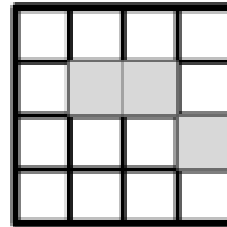
...

Изобр. N.

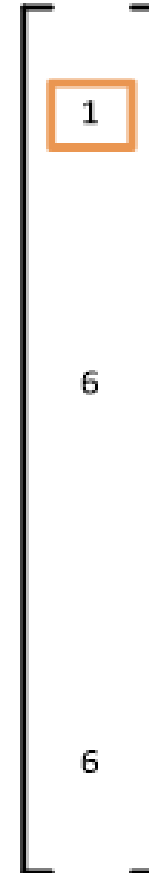


Искомое изображение:

—



=



Ответ

На этапе «точного» поиска выполняется вычитание описаний искомого изображения и изображений в базе данных (используются описания на i -ом уровне разрешения)

Производительность моделей 1

Время поиска в базе данных

Алгоритм / Параметры	Размер базы данных	Время поиска (в секундах)	Используемое описание, хранимое в базе данных	Метод организации поиска
1	$2 \cdot 10^4$	1,05	GIST, 512 бит	Поиск на основе <i>kd</i> -дерева
2	$2 \cdot 10^4$	0,38	GIST, 512 бит	Линейный поиск
4	$1,29 \cdot 10^7$	0,75	GIST, 256 бит	Линейный поиск
6	$2 \cdot 10^4$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	GIST, 256 бит	Линейный поиск
7	$1 \cdot 10^7$	0,1	TAB, Десятников И.	Линейный поиск
8	$1 \cdot 10^7$	0,5	TAB, Десятников И. (поиск по зашумл. изобр.)	Линейный поиск
9	$1 \cdot 10^6$	1,26	GIST, 512 бит	Линейный поиск
10	$5 \cdot 10^5$	$0,02 \text{ (гр)} + 0,03 \text{ (тч)} = 0,05$	Предлагаемая модель (4 ур. – 1920 бит, 6 ур. – 30720 бит)	Поиск на основе дерева

Производительность моделей 2

Время вычисления описания изображения (в секундах)

	DCT	MH	Radial	BMB	GIST
Время вычисления описания	9,7	3,6	1,3	0,6	0,035
Размер описания	64 бита	576 бит	320 бит	49 бит	512 бит

Уровень / Тип описания	4	6
Операторы	0,58	0,93
Полные группы	0,60	1,27
Замкнутые группы	0,61	1,76

Типы искажений



Исходное изображение



Искажение нормальным шумом



Понижение разрешения



Масштабирование



Поворот



Потеря части изображения

Результаты тестирования предложенных моделей

№	Модель	Выбор области на i -ом уровне	Выбор узла	Тип дерева	Средний % ошибки
1	Модель 1	с учётом области на $(i-1)$ уровне, оператор с максимальной массой	оператор с максимальной массой	N -арное	25.97
2	Модель 4	с учётом области на $(i-1)$ уровне, оператор V_0 с максимальной массой	оператор с максимальной массой	N -арное	31.79
3	Модель 7	без учёта области на $(i-1)$ уровне, оператор с максимальной массой	оператор с максимальной массой	N -арное	27.09
4	Модель 10	с учётом области на $(i-1)$ уровне, оператор с максимальной массой	минимальное расстояние до обобщающего эталона (вектор 30 элементов)	бинарное	46.79
5	Модель 12	с учётом области на $(i-1)$ уровне, замкнутая группа с максимальной массой	минимальное расстояние до обобщающего эталона (вектор 840 элементов)	бинарное	75.94
6	Модель 13	с учётом области на $(i-1)$ уровне, оператор V_0 с максимальной массой	минимальное расстояние до обобщающего эталона (вектор 30 элементов)	бинарное	52.48
7	Модель 15	с учётом области на $(i-1)$ уровне, оператор V_0 с максимальной массой	минимальное расстояние до обобщающего эталона (вектор 840 элементов)	бинарное	63.73
8	Модель 16	без учёта области на $(i-1)$ уровне, оператор с максимальной массой	минимальное расстояние до обобщающего эталона (вектор 30 элементов)	бинарное	49.97
9	Модель 17	без учёта области на $(i-1)$ уровне, оператор с максимальной массой	минимальное расстояние до обобщающего эталона (вектор 140 элементов)	бинарное	58.03
10	Модель 18	без учёта области на $(i-1)$ уровне, замкнутая группа с максимальной массой	минимальное расстояние до обобщающего эталона (вектор 840 элементов)	бинарное	59.45

Поиск искажённых изображений

Ошибка поиска при искажении изображения нормальным шумом

Уровень шума	20	10	0
Значение ошибки	0	0	1

Ошибка поиска при понижении разрешения изображения

Размер усредняемой области (в отсчётах)	10×10	30×30	50×50	70×70	90×90
Значение ошибки	0	0	2	3	5

Ошибка поиска при масштабировании изображения

Коэффициент масштабирования по вертикали	0,3	0,6	0,9	1,1	1,5	1,9	0,3	0,6	0,9	1,1	1,5	1,9
Коэффициент масштабирования по горизонтали	0,3	0,6	0,9	1,1	1,5	1,9	1,1	1,5	1,9	0,3	0,6	0,9
Значение ошибки	3	2	1	1	0	0	2	2	1	2	1	0

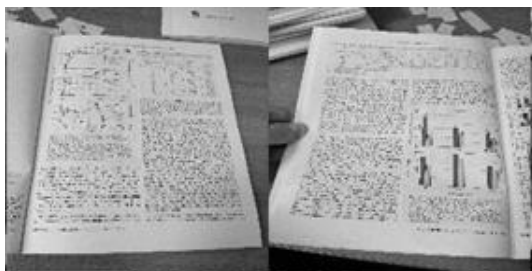
Ошибка поиска при повороте изображения

Угол поворота (в градусах)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Значение ошибки	20	36	48	59	69	76	83	88	92

Ошибка поиска при перекрытии изображения

Размер пятна (в процентах от размера меньшей стороны изображения)	5	15	25	35
Значение ошибки	17	67	86	90

Поиск похожих изображений



Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы:

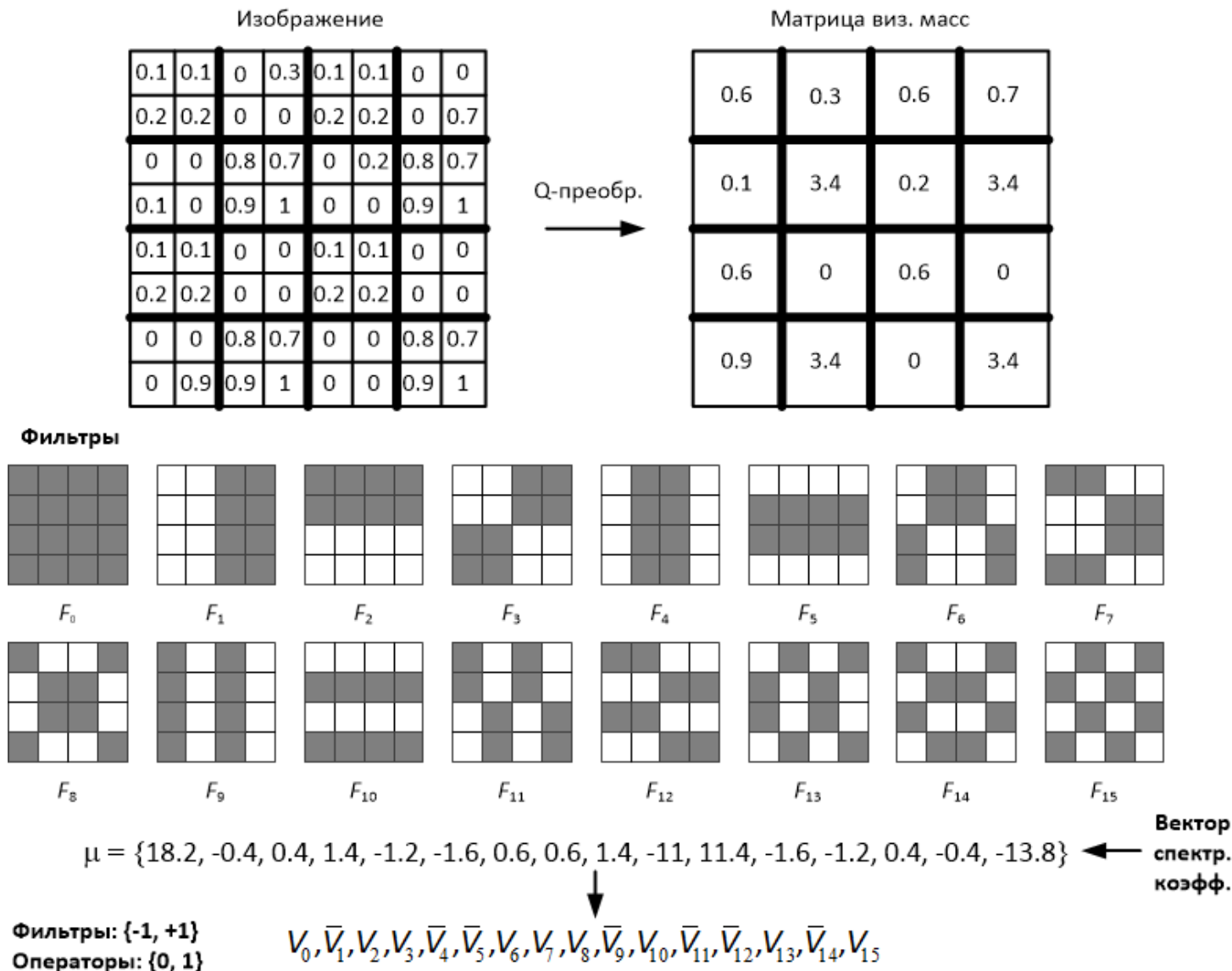
- выполнен обзор и анализ известных трактовок понятия «ассоциативная память»;
- выполнен обзор и анализ современного состояния проблемы поиска изображений по содержимому, обзор признаковых описаний изображений;
- разработана информационная модель поиска и сохранения изображений на основе ассоциативных механизмов;
- выполнена разработка и исследование алгоритмов сохранения и поиска изображений.

Спасибо за внимание !!!

Расстояние Евклида

$$d(p, q) = \sqrt{\sum_{k=1}^n (p_k - q_k)^2}$$

Теория активного восприятия 1

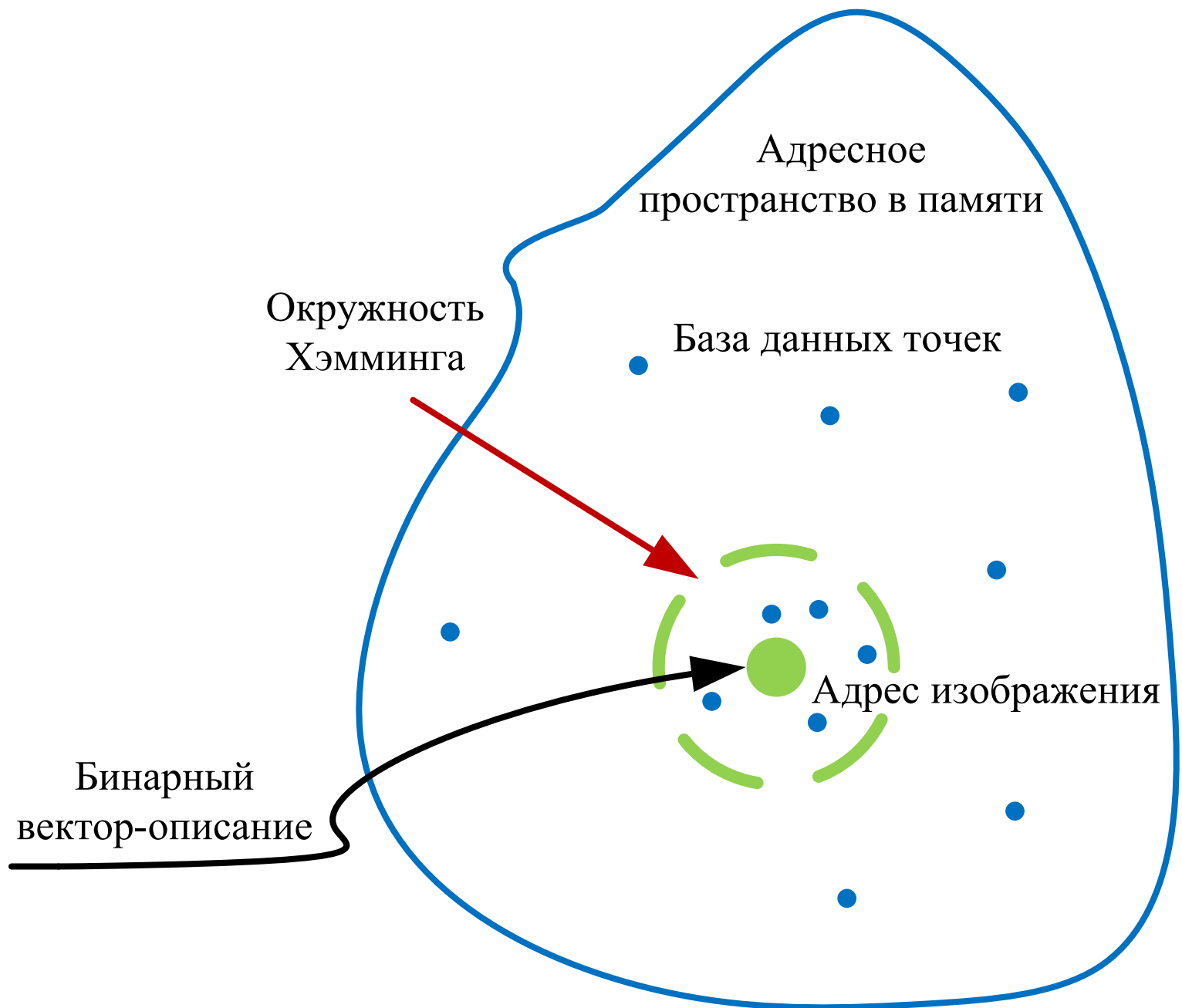


Массы операторов, групп

$$\Sigma \left[\begin{array}{c} \text{Изображение} \\ \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline 0.1 & 0.1 & 0.3 & 0.7 \\ \hline 0.2 & 0.2 & 0.2 & 0.2 \\ \hline 0 & 0 & 0.8 & 0.7 \\ \hline 0 & 0 & 0.9 & 1 \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{c} \text{Образ оператора } V_1 \\ \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline 0 & 0 & 1 & 1 \\ \hline 0 & 0 & 1 & 1 \\ \hline 0 & 0 & 1 & 1 \\ \hline 0 & 0 & 1 & 1 \\ \hline \end{array} \end{array} \right] = 4.8$$

$$\Sigma \left[\begin{array}{c} \text{Изображение} \\ \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline 0.1 & 0.1 & 0.3 & 0.7 \\ \hline 0.2 & 0.2 & 0.2 & 0.2 \\ \hline 0 & 0 & 0.8 & 0.7 \\ \hline 0 & 0 & 0.9 & 1 \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{c} \text{Образ полной гр. } V_1 V_2 V_3 \\ \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline 0 & 0 & 1 & 1 \\ \hline 0 & 0 & 1 & 1 \\ \hline 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline \end{array} \end{array} \right] = 1.4$$

$$\Sigma \left[\begin{array}{c} \text{Изображение} \\ \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline 0.1 & 0.1 & 0.3 & 0.7 \\ \hline 0.2 & 0.2 & 0.2 & 0.2 \\ \hline 0 & 0 & 0.8 & 0.7 \\ \hline 0 & 0 & 0.9 & 1 \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{c} \text{Образ замкнутой гр. } V_1 V_3 V_7 V_{12} \\ \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline 0 & 0 & 1 & 1 \\ \hline 0 & 0 & 1 & 1 \\ \hline 0 & 0 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 0 & 0 \\ \hline \end{array} \end{array} \right] = 2.6$$



Философия, психология

Аристотель, Д. Локк, Д. Гартли - связь между элементами мыслительного процесса

Физиология

И. М. Сеченов, И. П. Павлов, К. В. Анохин -
условный рефлекс

Теоретическая информатика

Память с доступом по содержимому

Корень

Уровень

