

Новый метод распознавания  
завитков, петель и треугольных  
форм на изображениях отпечатков  
пальцев

Аланссари Алаа Нима Азиз

**Руководитель**

**Гудков В.Ю**

# Актуальность

- 100 лет назад.
- Гальтон, Генри и ФБР.
- уголовное расследование - пограничный контроль, вход в компьютер, мобильные платежи и т. д.

# Актуальность

- Рост преступности и терроризма объясняет необходимость создания высоконадежных автоматизированных информационных систем по отпечаткам пальцев (AFIS)
- более сотни AFIS в мире.
- Японская система NEC, французская система SAGEM, канадская система PRINTRAK, американская система COGENT и другие.
- Все модели нацелены на повышение эффективности системы.
- Пока не известно ни одной лучшей и без проблем.

# Актуальность

- Особая точка - одна из самых важных и очевидных глобальных характеристик отпечатка пальца.
- Некоторая проблема в реальном изображении отпечатка пальца (грязный, деформированный, размытый, на Вашем пальце могут быть шрамы или ожоги)



# Методы исследования

Методы обработки изображений, распознавания образов, теории множеств, теории графов, теории вероятностей и математической статистики использовались для разработки, исследования и обоснования математических моделей и методов обработки цифрового изображения. В C++ эффективные численные методы и алгоритмы реализованы в виде комплексов задач. Для проверки математических модулей и алгоритмов был выполнен большой опыт с использованием оригинальных цифровых изображений отпечатков пальцев. Результаты были получены в виде новых математических методов, вычислительных алгоритмов и нового метода обнаружения типов закономерностей, характеризующих цифровое изображение.



# Захват изображения отпечатка пальца



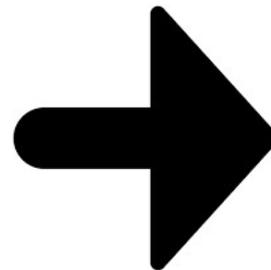
$$a(x,y)=(b(x,y)*\tau+b(x+1,y)(1-\tau))*\tau+(b(x,y+1)*\tau+b(x+1,y+1)(1-\tau))*(1-\tau)$$

# Сглаживающий фильтр

размер линейного фильтра(3\*3)  
новый фильтр Модифицированный  
двойной линейный фильтр (MDLF)  
размер (5\*5)

1	1	1
1	1	1
1	1	1

linear filter (3\*3)



1	0	1	0	1
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
0	0	0	0	0
1	0	1	0	1

Modified Dual Linear Filter (MDLF) (5\*5)

$$f(x, y) = \sum_{i=-2}^2 \sum_{j=-2}^2 w(i, j) \cdot f(x + i, y + j)$$

# Сглаживание изображения

для устранения эффекта «зубчатости»

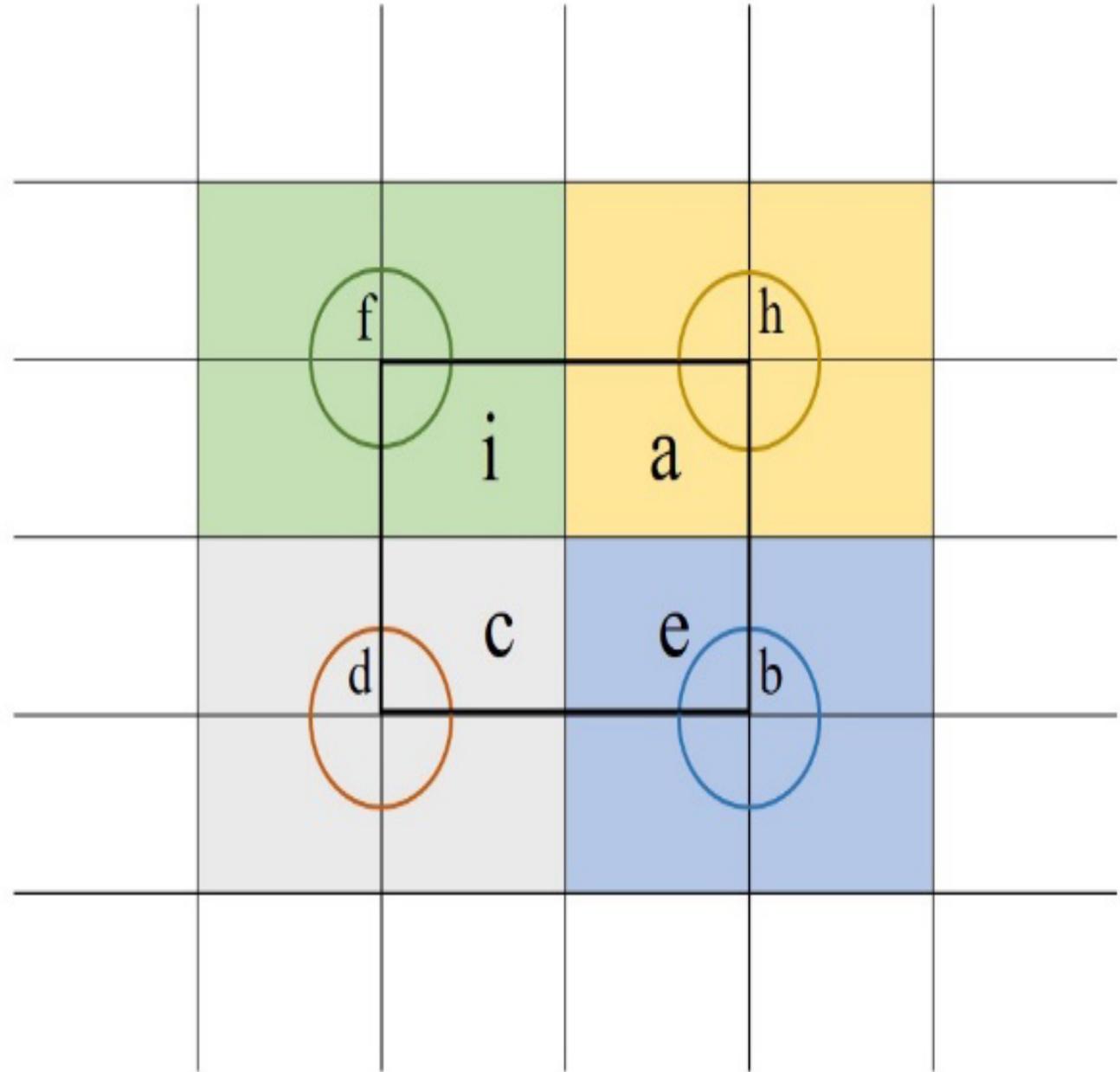
- рассчитать среднюю яркость для каждого блока 2x2
- подготовить подобное сглаженное изображение для 500 dpi

$$\hat{S} = (f(x, y) + f(x + 1, y) + f(x, y + 1) + f(x + 1, y + 1)) / 4$$



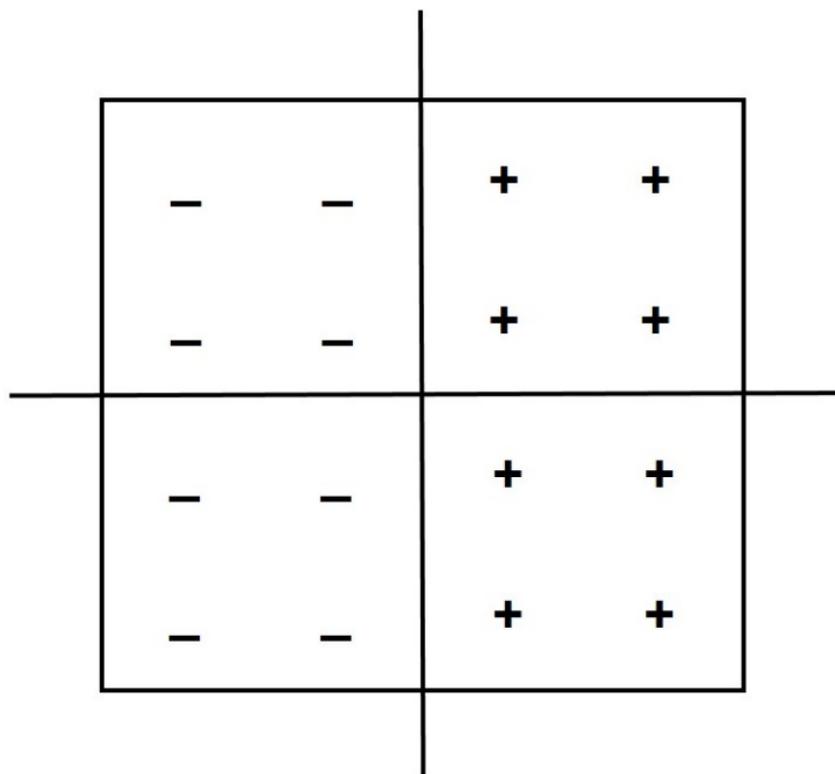
# Разница до выборки

- $Sh(x, y) = f(x + 1, y - 1) + f(x + 2, y - 1) + f(x + 1, y) + f(x + 2, y)$
- $Sb(x, y) = f(x + 1, y + 1) + f(x + 2, y + 1) + f(x + 1, y + 2) + f(x + 2, y + 2)$
- $Sd(x, y) = f(x - 1, y + 1) + f(x, y + 1) + f(x - 1, y + 2) + f(x, y + 2)$
- $Sf(x, y) = f(x - 1, y - 1) + f(x, y - 1) + f(x - 1, y) + f(x, y)$



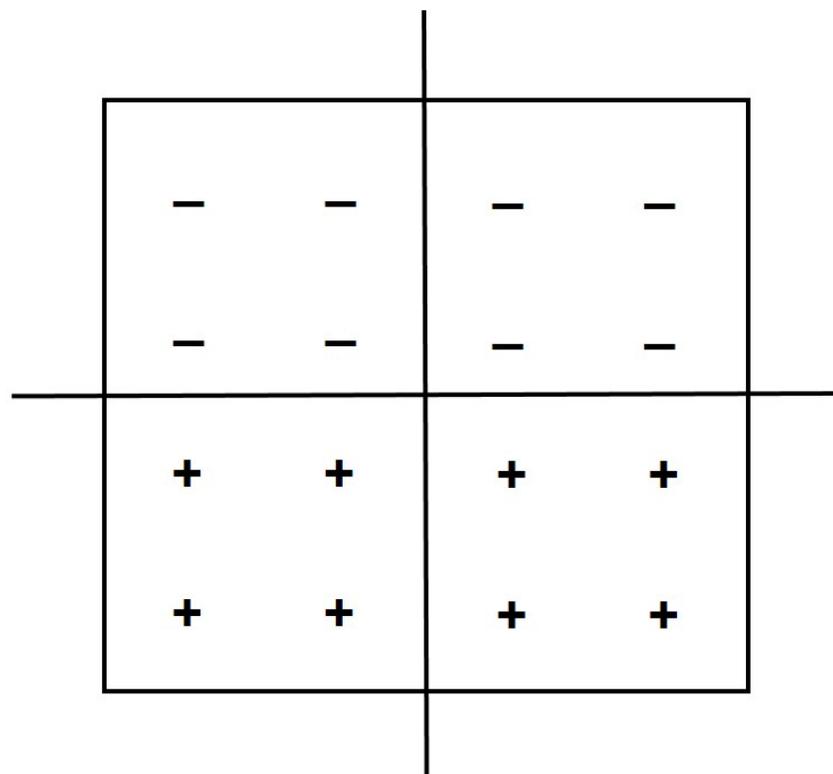
# Разница до выборки

$$dx(x, y) = sh + sb - sf - sd$$



difference along x-axis

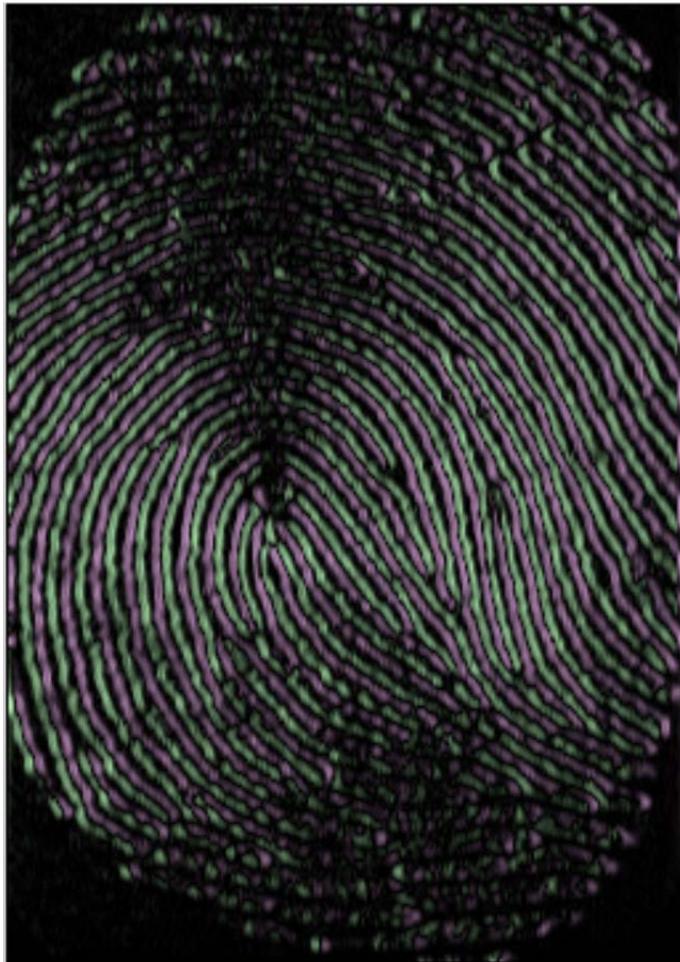
$$dy(x, y) = sb + sd - sf - sh$$



difference along y axis

# Разница до выборки

$$dx \uparrow \left(\frac{x}{2}, \frac{y}{2}\right) = dx(x, y)$$



$$dy \uparrow \left(\frac{x}{2}, \frac{y}{2}\right) = dy(x, y)$$

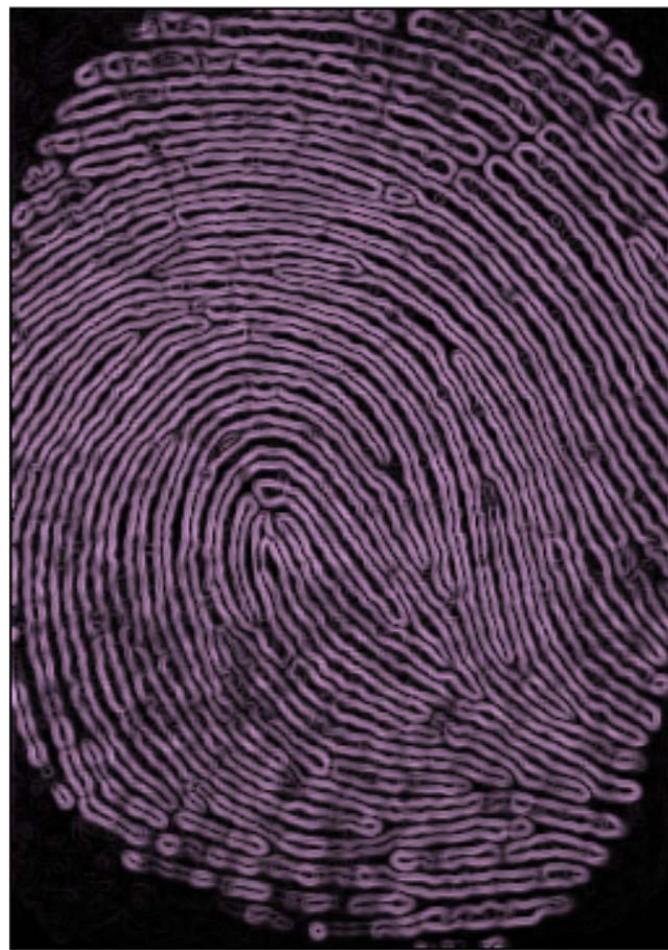


# Расчет градиента

$$\alpha(x, y) = \underset{0 \rightarrow 360}{\text{Arctg}} \left( \frac{dx_{\uparrow}}{dy_{\uparrow}} \right)$$

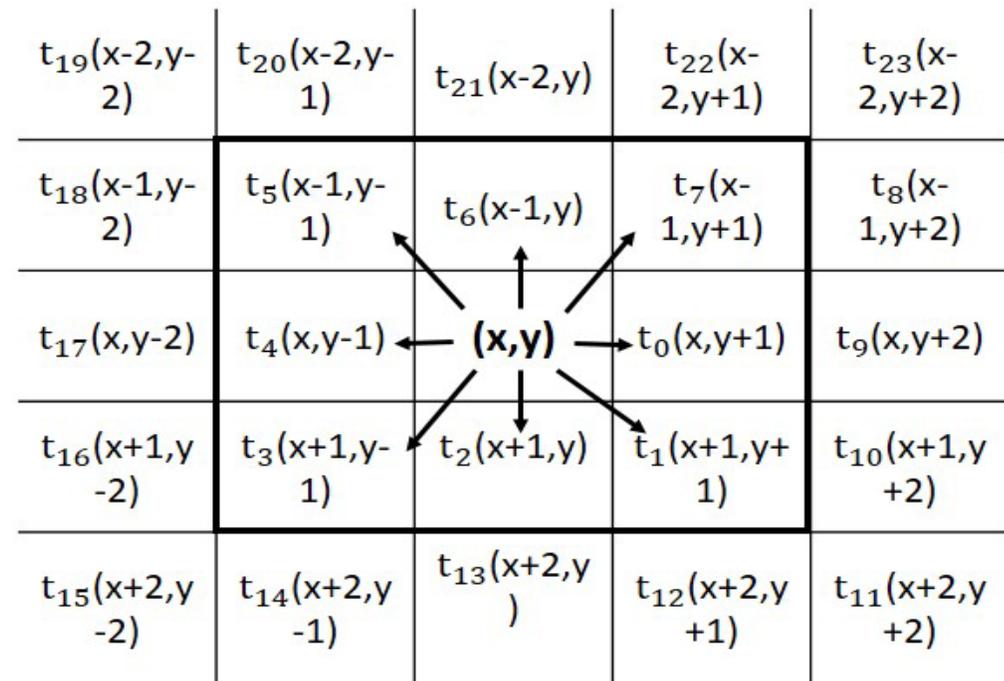


$$m(x, y) = \sqrt{dx_{\uparrow}^2(x, y) + dy_{\uparrow}^2(x, y)}$$



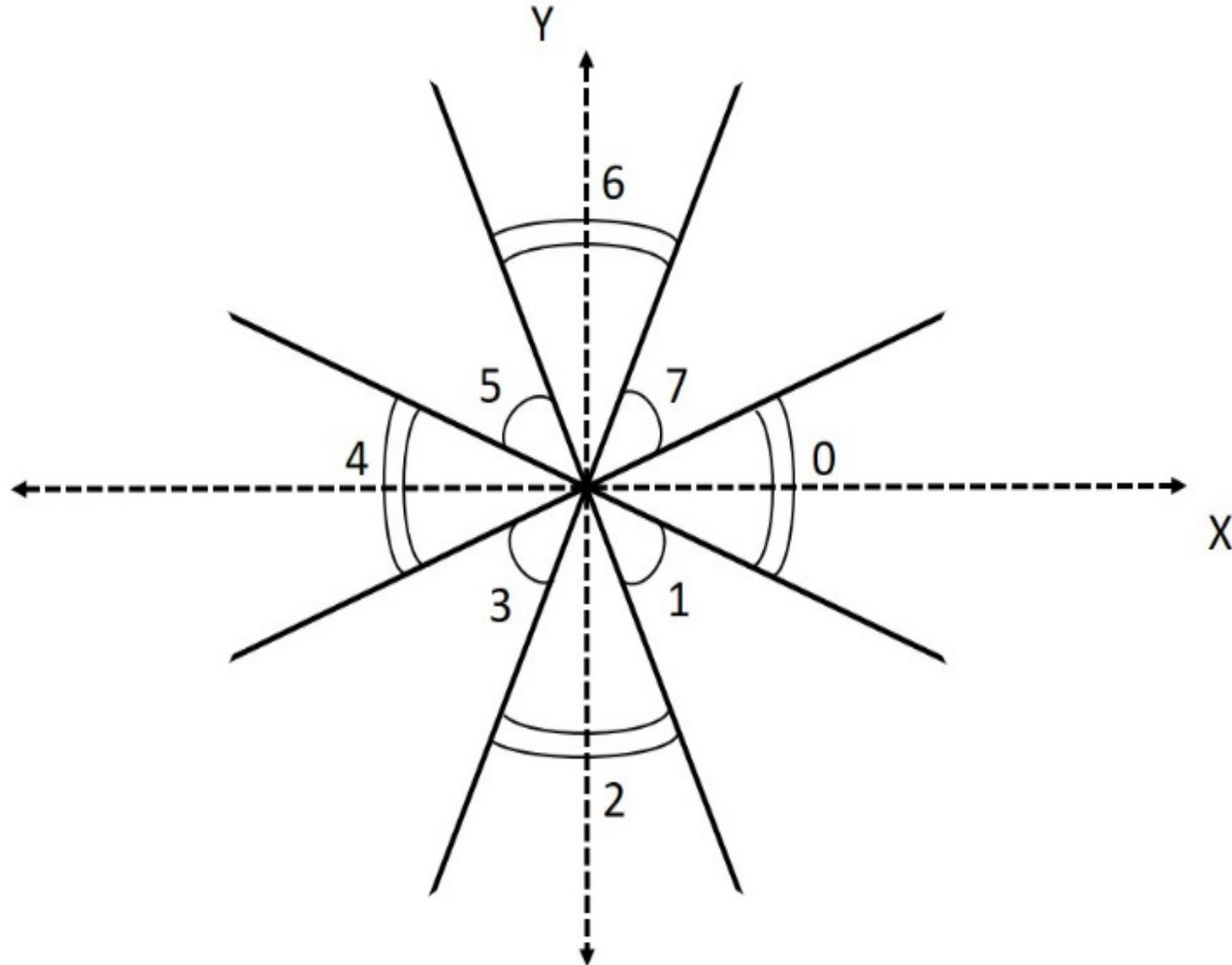
# Структура кластера

- использовали кластер с размерами от  $3 \times 3$  до  $13 \times 13$
- $\alpha$  направление центра
- отличие между  $\alpha$  и  $t_i$  для  $\varphi_i$
- $\varphi_i$  (ключевая информация как построить лепестки)

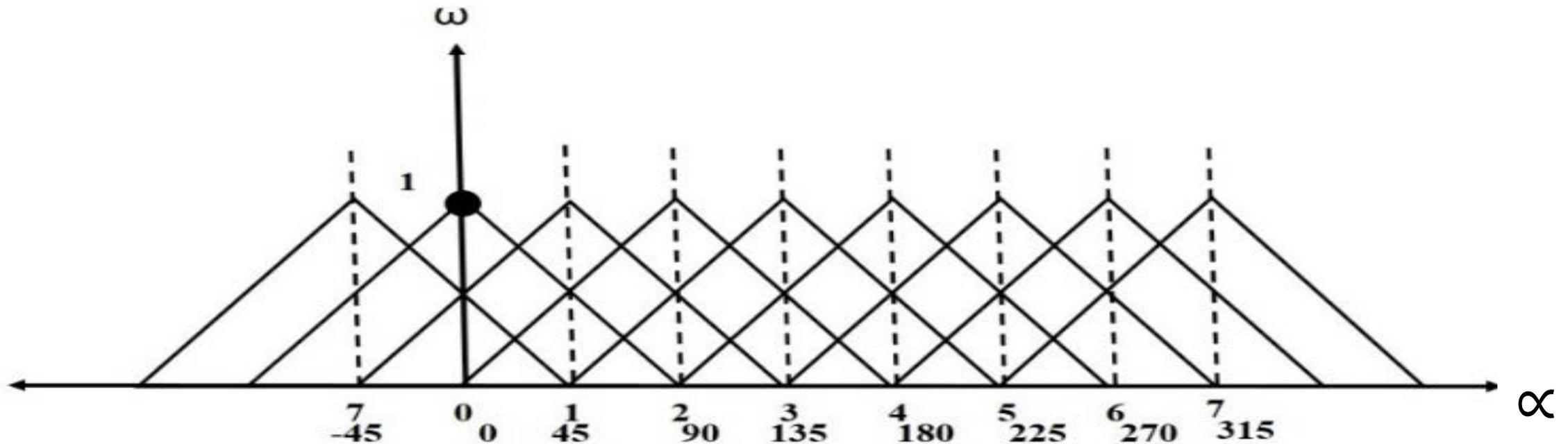


# Структура лепестка

- build the petal from 8 parts for all rings
- size of angle between petals 45 degrees  $\{0, 45, 90, 135, 180, 225, 270, 315\}$
- direction for center item  $\alpha=0$
- the mean directions  $\gamma_i$  for every petals



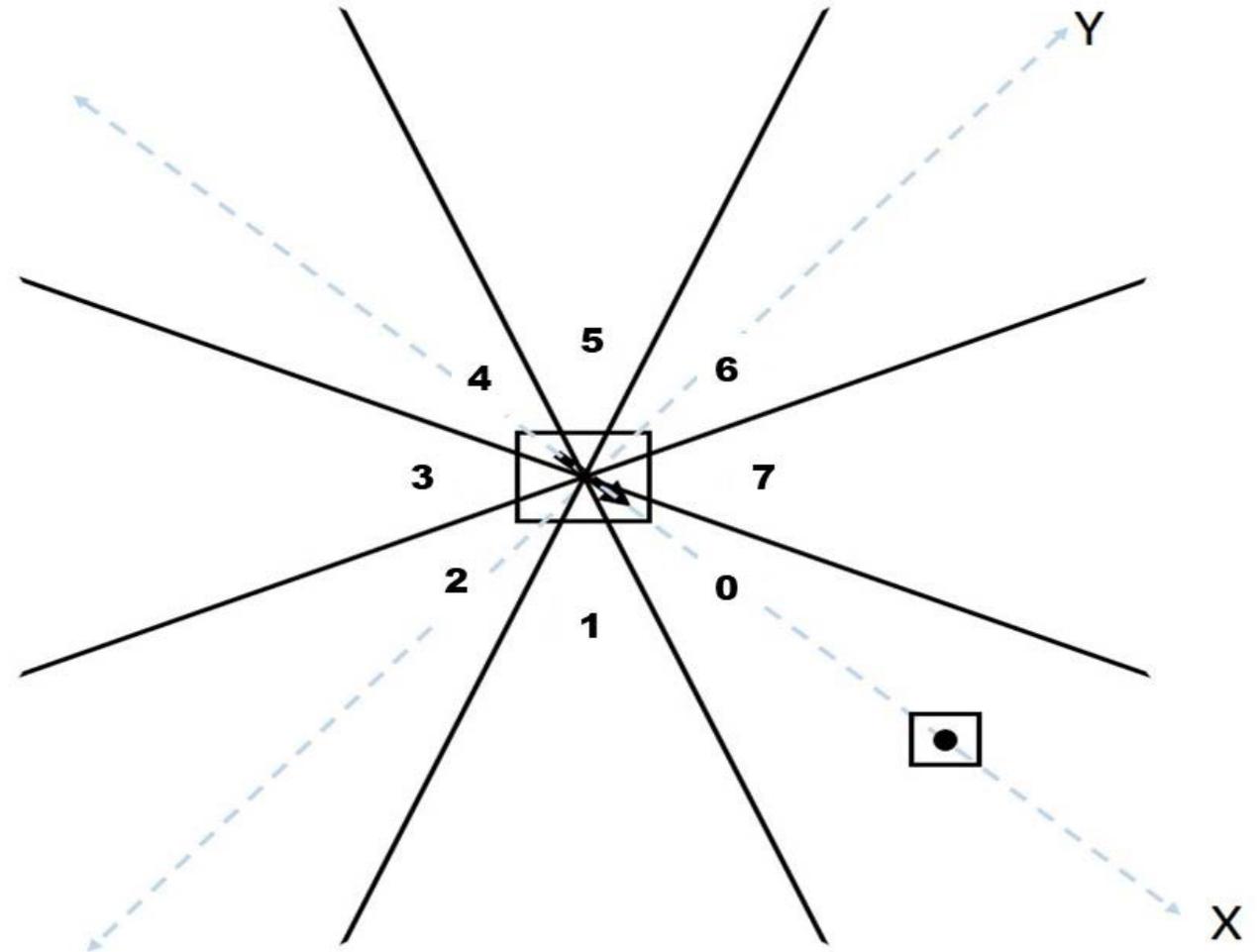
# Весовые функции, связанные с лепестками



- рассчитать вес для каждого элемента в нашем кластере, связанного с выбранным лепестком
- Угол  $\alpha$  вычисляется из центрального  $x$  выбранного лепестка, поэтому каждый элемент влияет на каждый лепесток в соответствии с функцией Wight
- Здесь угол  $\alpha$  является разницей между осью  $x$  и ориентацией от центра кластера к элементу

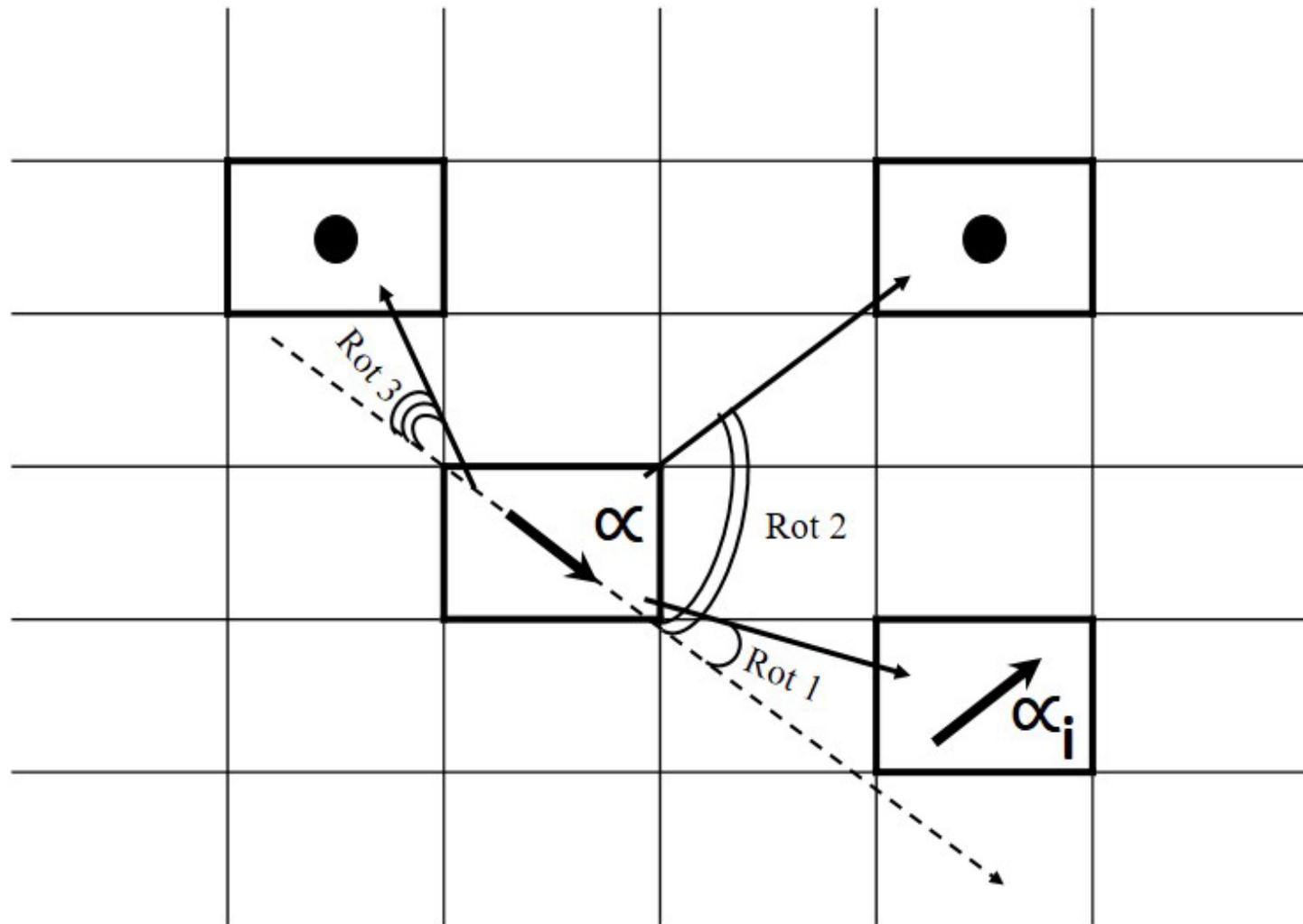
# Схема лепестка в ориентированном кластере

- Если  $\alpha$  не ноль, то кластер поворачивается так, как показано
- Здесь угол  $\alpha$  является ориентацией центра кластера

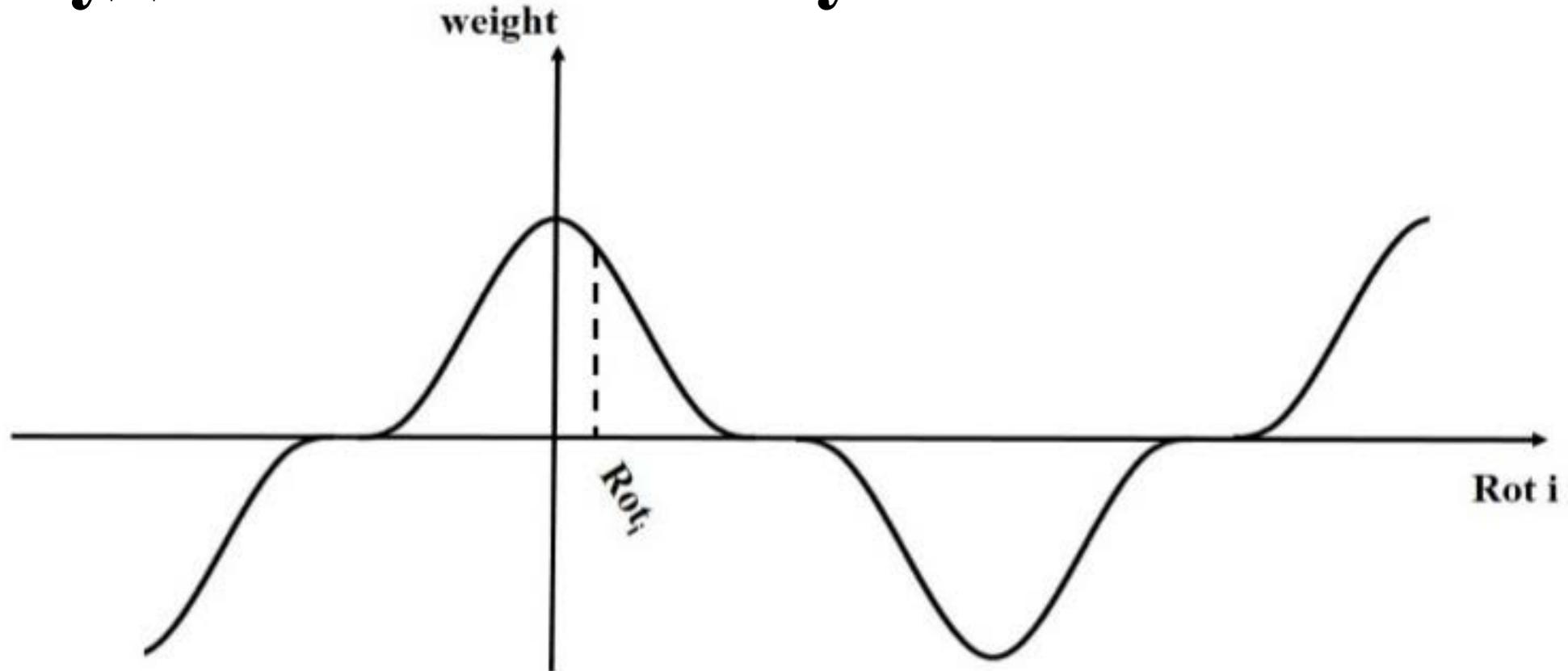


# Метод «Тюльпана»

- used hard tulip method to get weight
- calculate real and imaginary part
- calculate the angle between directions of  $\alpha$  and  $\alpha_i$
- directions of  $\gamma_i$ , to get rotor

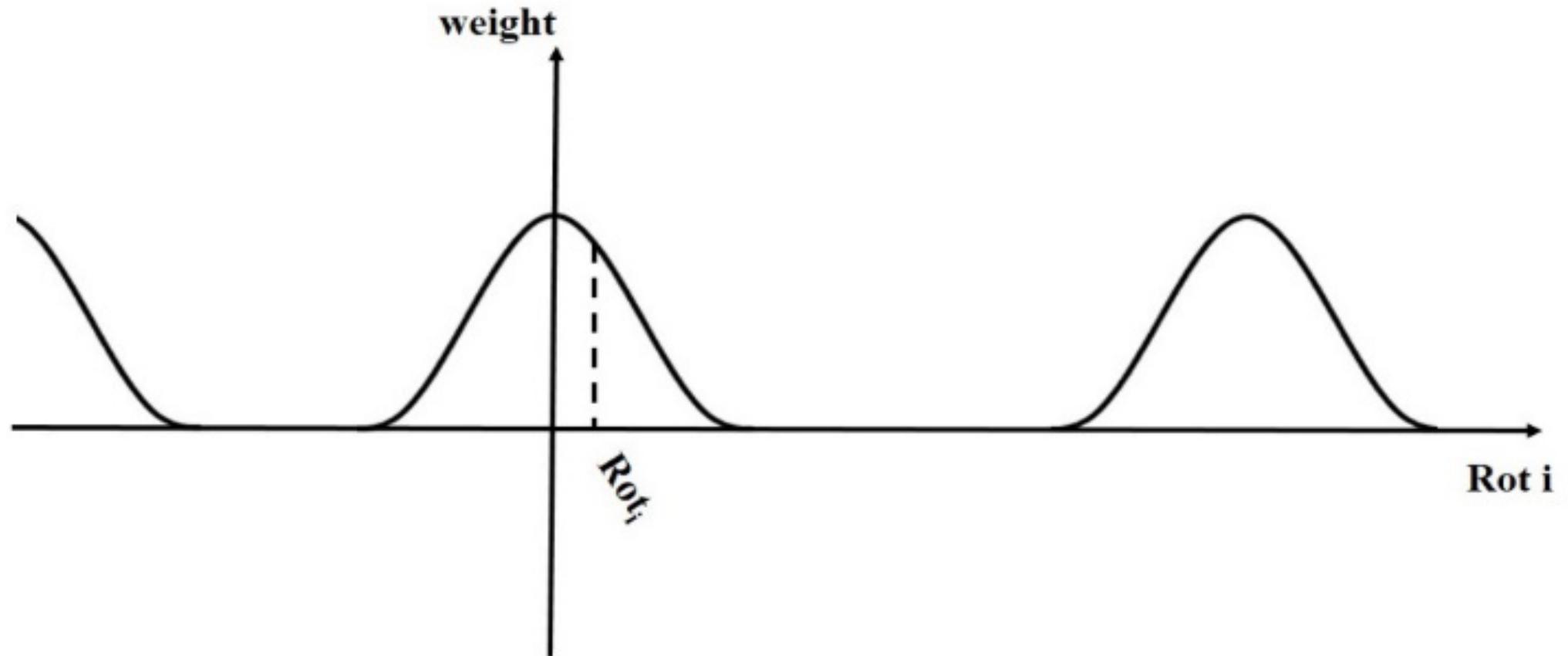


# Пример весовой функции с использованием формы удвоенного косинуса



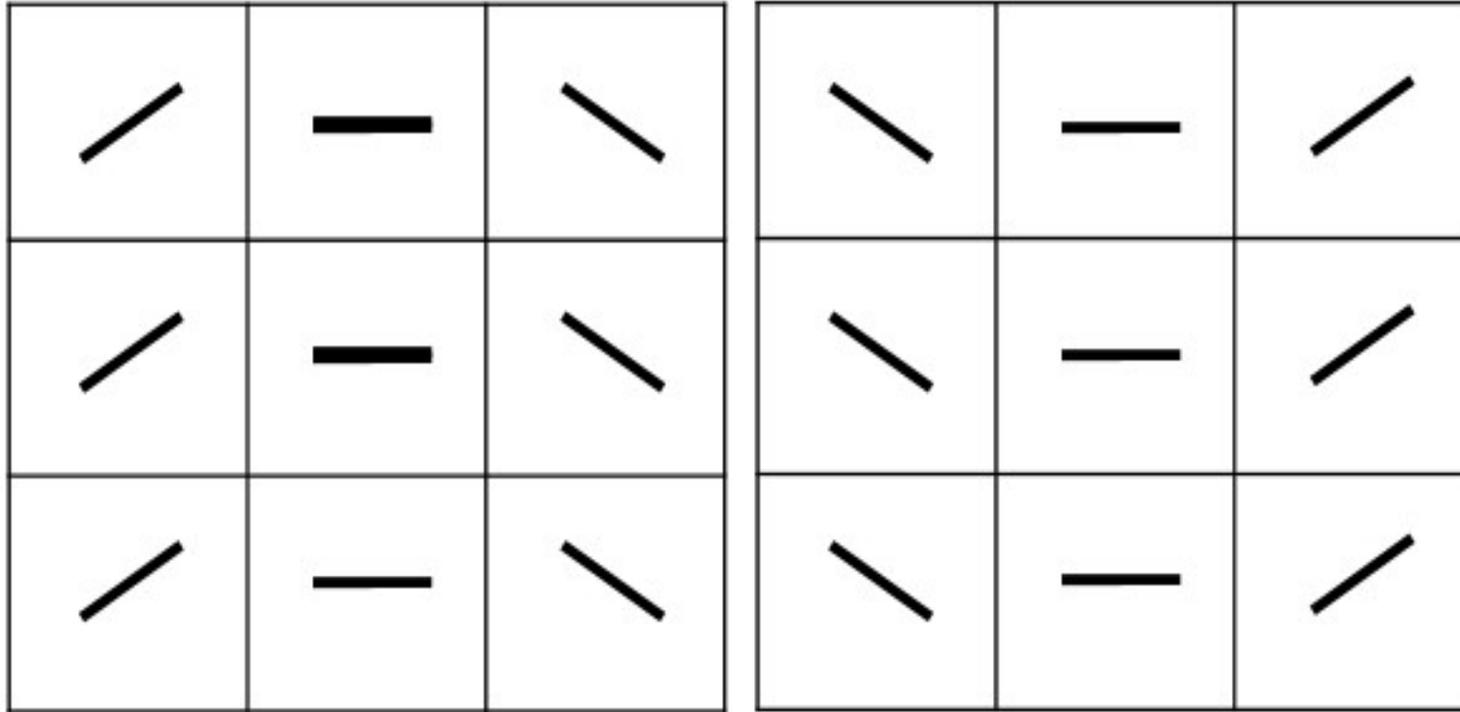
- representing rotor in cosine schema to get the weight
- represent weight for every item with  $\gamma_i$  and  $rot_i$  values for every petal

# Пример весовой функции без отрицательных значений



- вычислить влияние только положительного значения в функции косинуса, отрицательное значение будет равно нулю
- умножьте вес элемента на значение действительной и мнимой части и накапливать результат для каждого  $j$ -го лепестка,  $j \in 0..7$ .

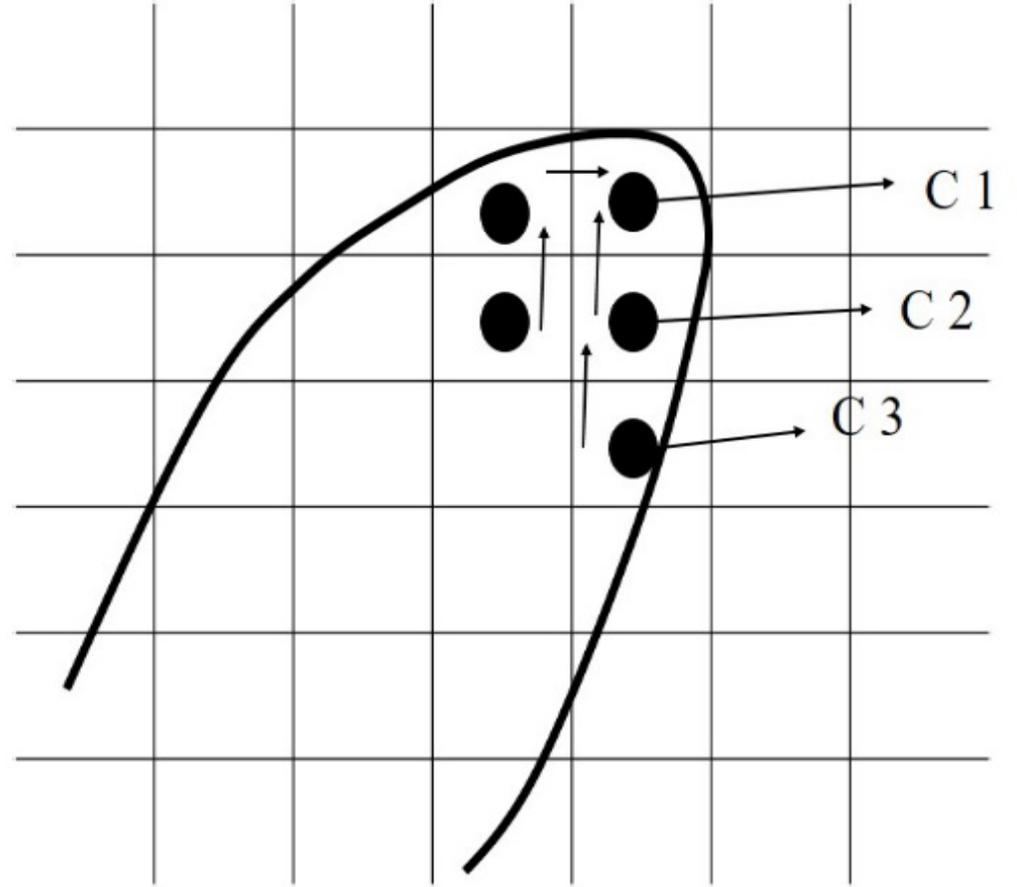
# Типовая карта потока для области без особенностей



- накопленная действительная и мнимая часть по всем позициям.
- Результат распознавания зависит от размера кластера, мы предпочитаем  $7 \times 7$ .
- Измерьте разницу в направлениях по номеру лепестка 0 (S0) и номер лепестка 4 (S4).
- наконец, у нас есть значение кривой для каждого кластера.

# Вероятностные позиции для одной петли в области петли

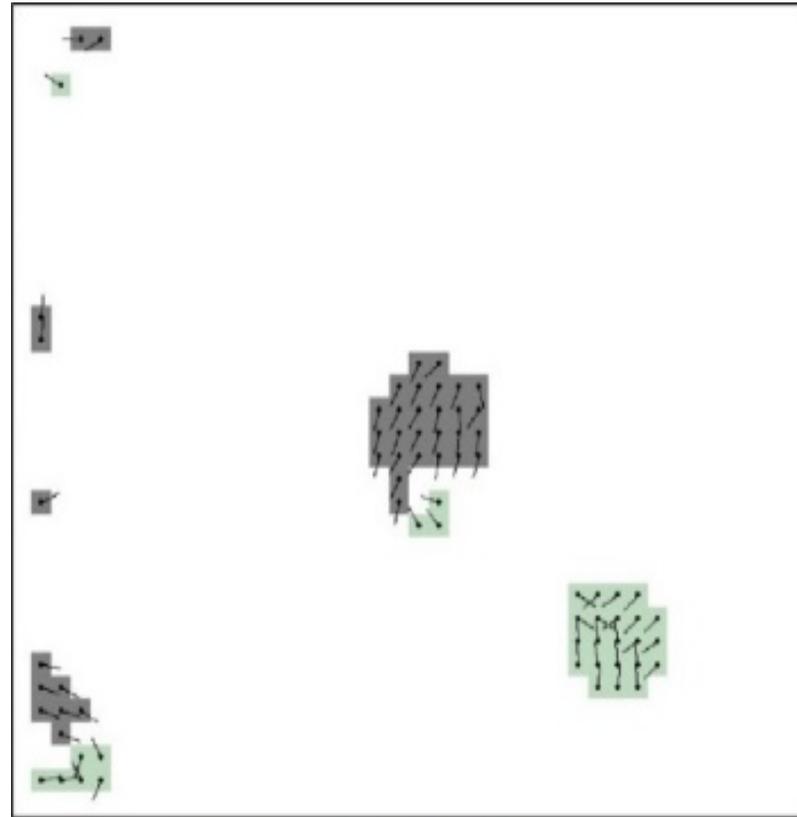
- позиция  $(x, y)$  связана с элементом  $p^0$
- установить стек  $ST = \{p^0\}$
- целевой набор  $V = \{p^0\}$
- начальное значение кривизны  $\nu = 0$



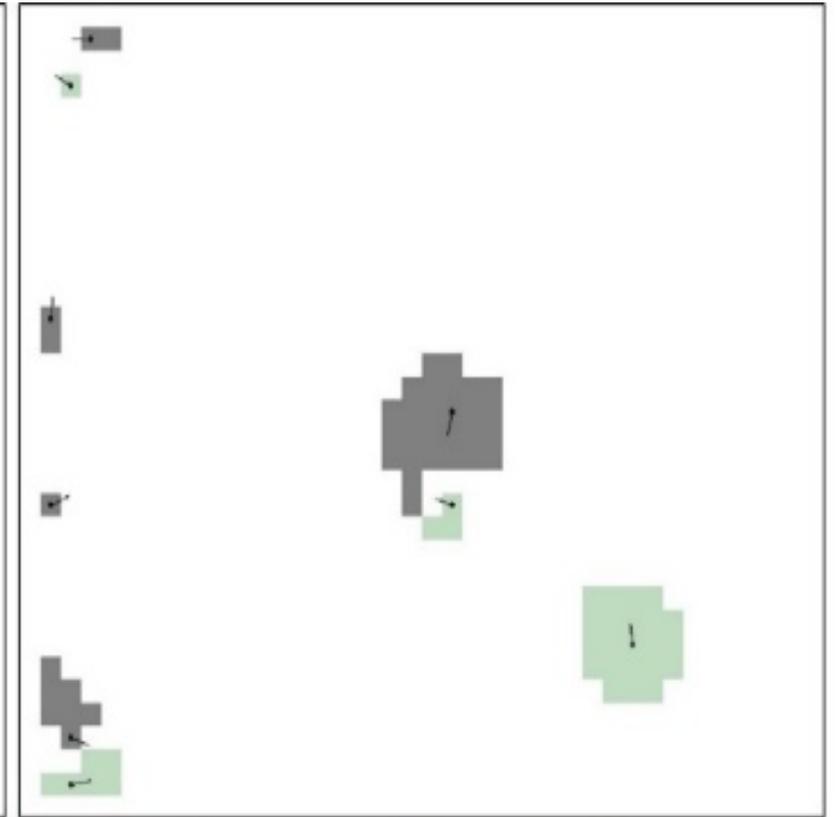
$$P = \{p \mid p \in N_8(ST) \wedge p \notin ST \wedge J(p) \rightarrow ST = ST \cup \{p\}\},$$

# Петли и дельты до и после слияния

- объединенное положение для каждой особенности выбирается как максимальное значение кривой
- объединяем особенности только в их естественной области



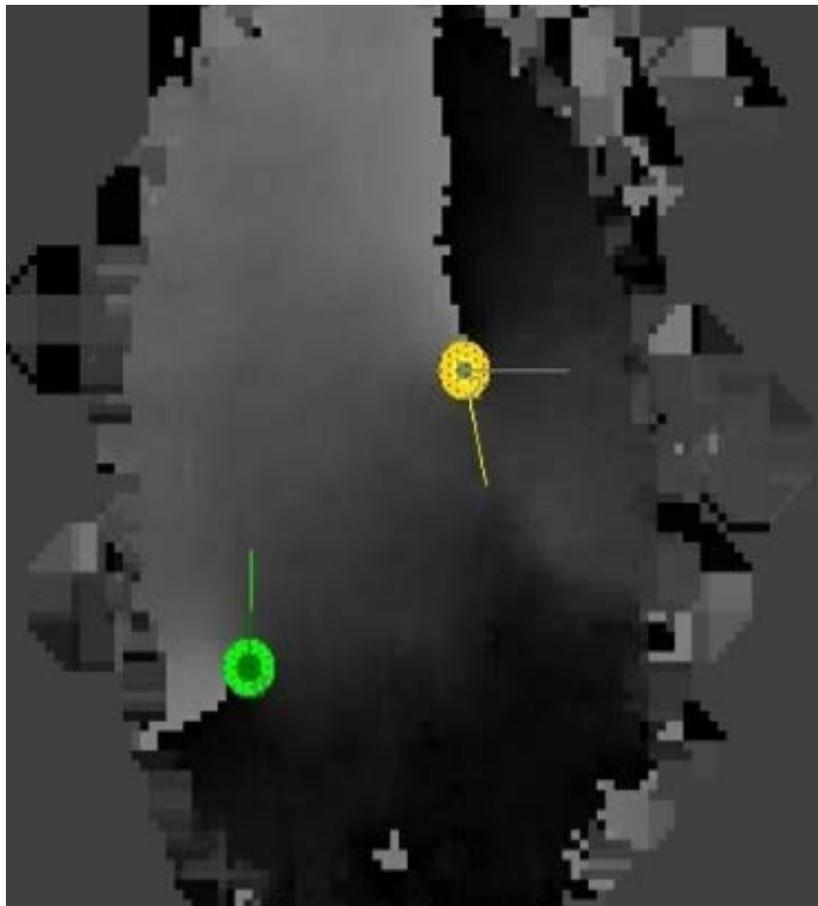
A- Loops and deltas before merge



B- Loops and deltas after the merger

# Позиции и ориентации особенностей

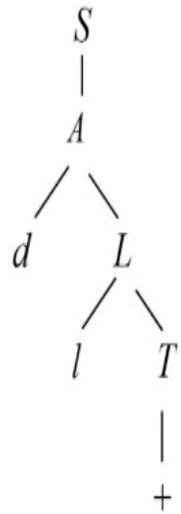
- Результат обработки изображения.
- Результаты были получены с помощью разработанной автором программы.
- Выбрано больше вероятностных особенностей



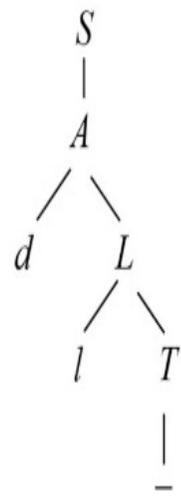
# Распознавание типа паттерна

дерево классификации а) правая петля, б) левая петля, в) арка

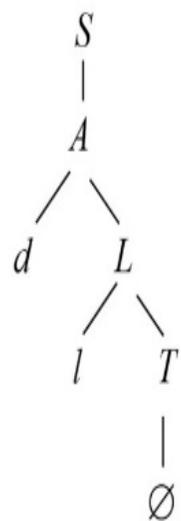
дерево классификации г) простой оборот, д) удлинённый овал, е) сложный...



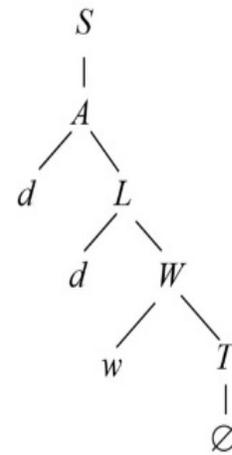
A. Right loop



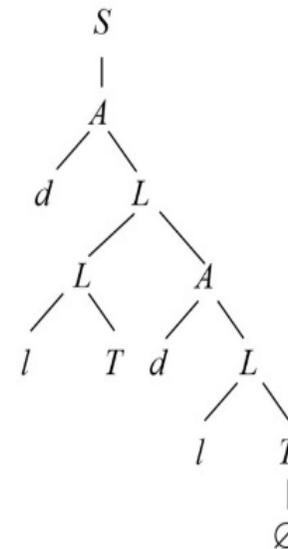
B. Left loop



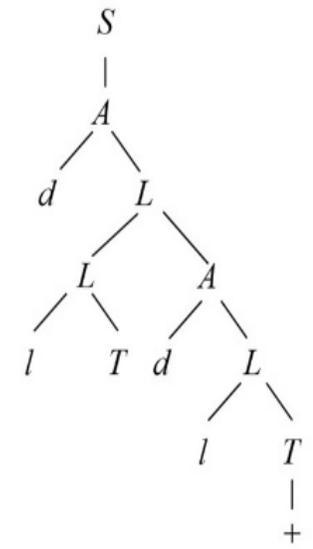
C. Tended arch



D. Simple whorl

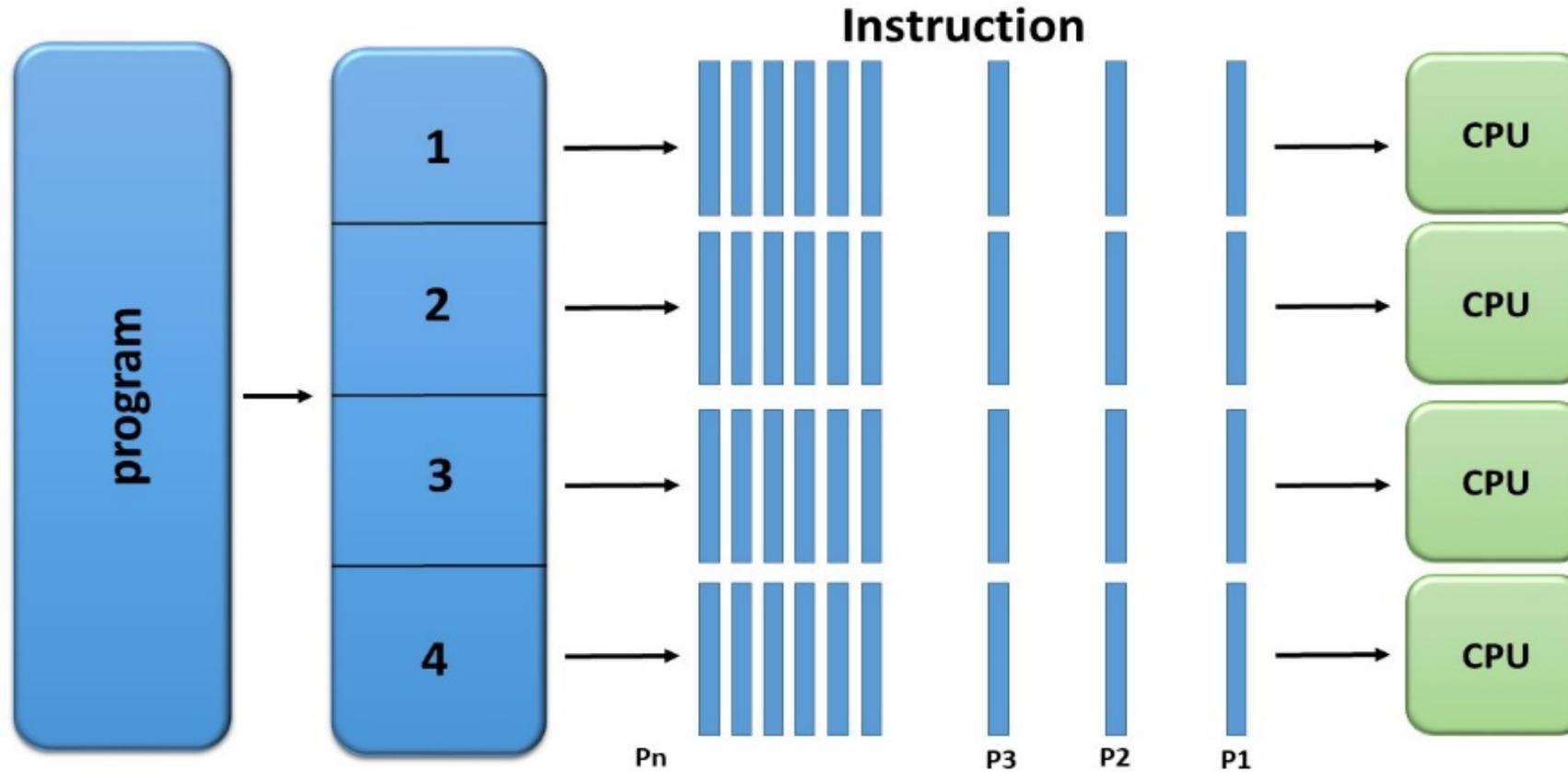


E. elongated oval

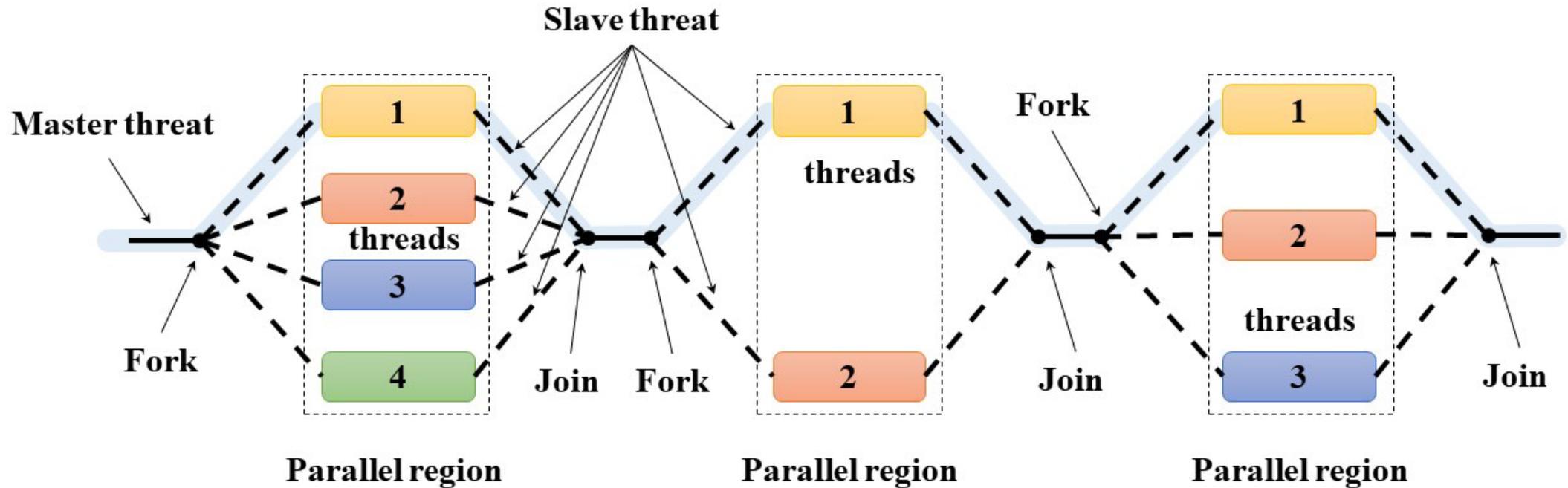


F. complex spinning pattern with clockwise rotation

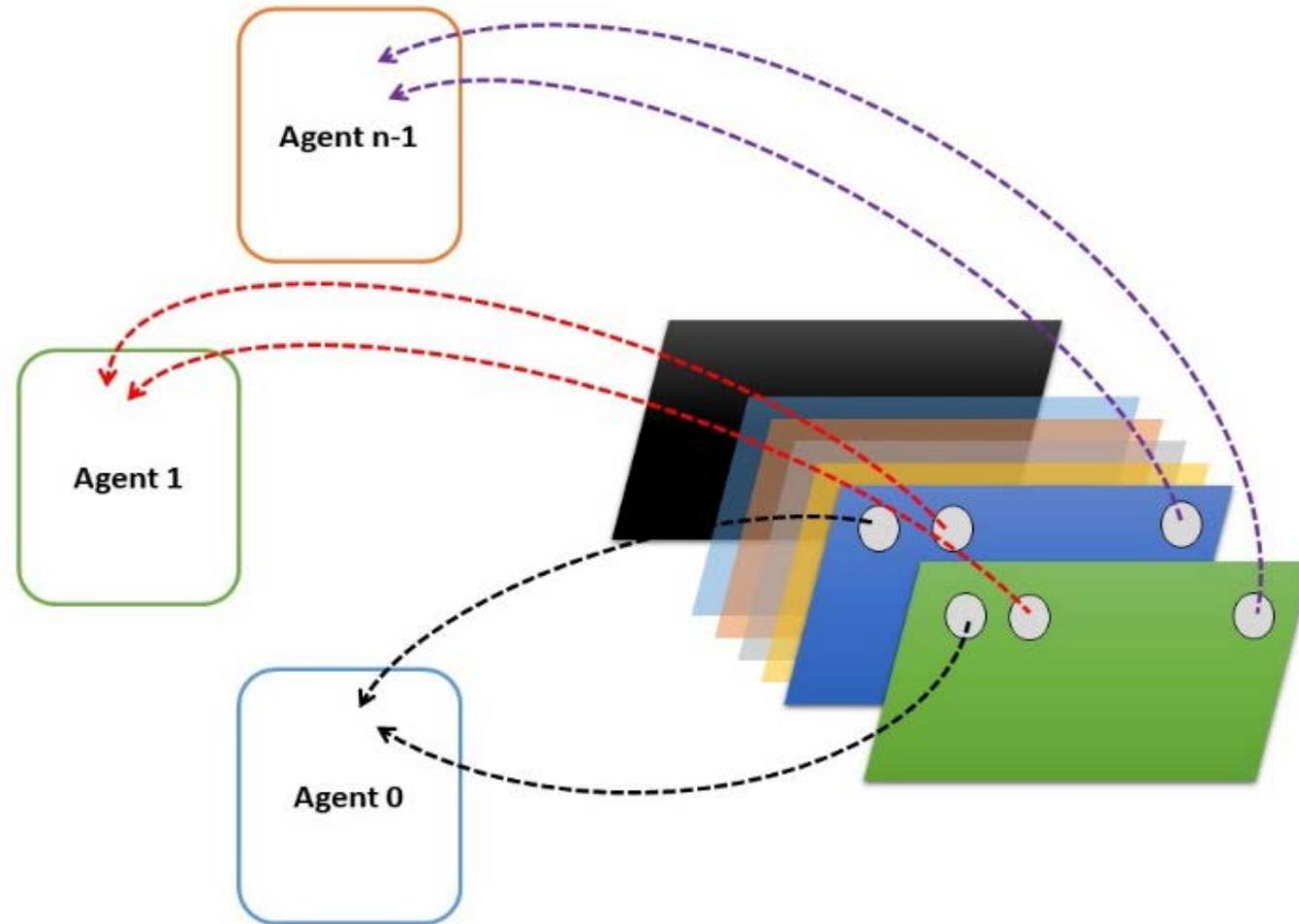
# Схема параллельной задачи



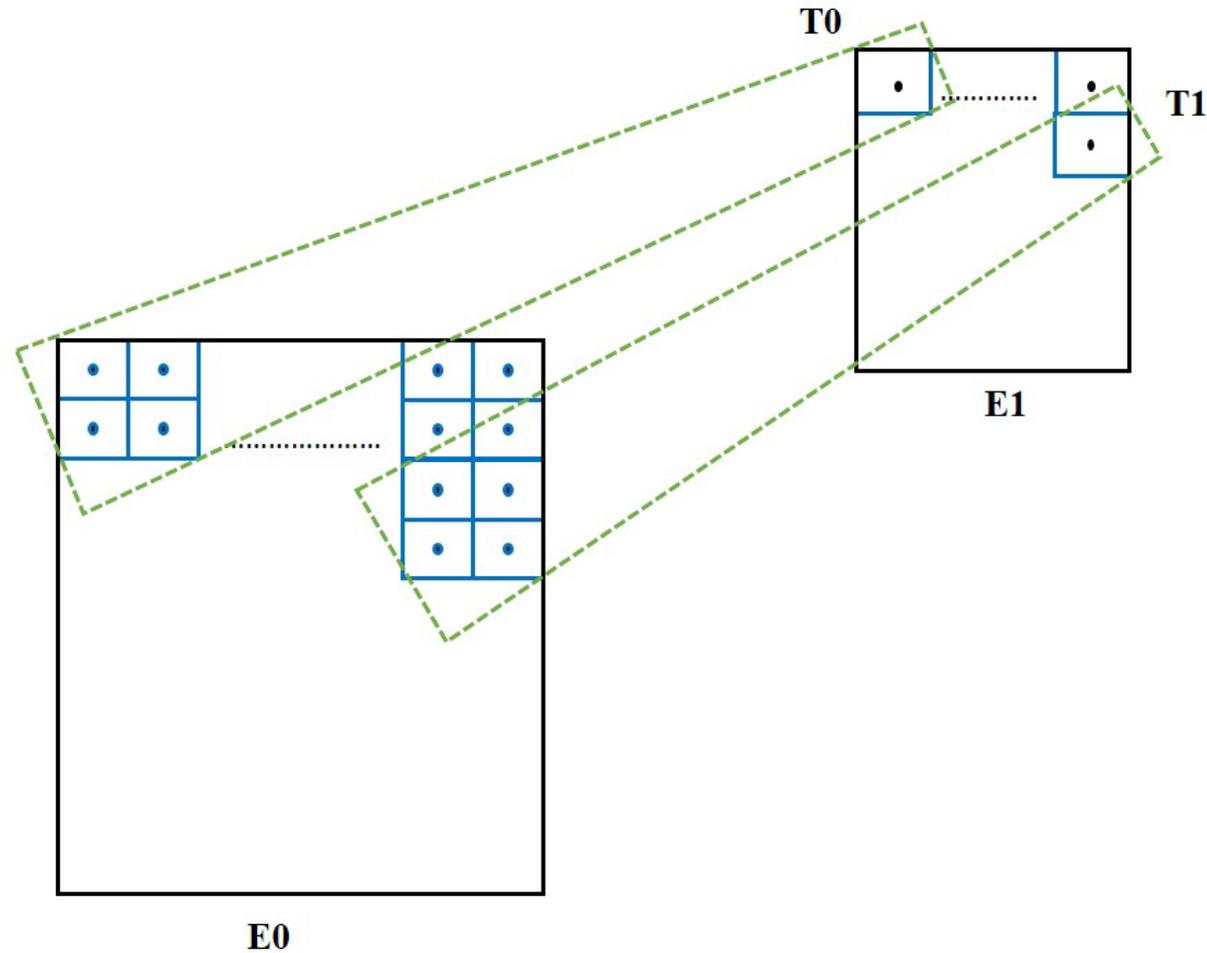
# Модель Развилка и Объединение



# Схема агента



# Модель обработки предметов в разных эшелонах



# Результаты экспериментов

- (SPD2010).
- $(x_0, y_0, t_0)$
- $t = t_0$
- $\sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2} < 10$
- Here, we shall show ground truth labeling used in our training set. According to SPD 2010 competition's instructions, for a ground truth singular point  $(x_0, y_0, t_0)$ , if a detected singular point  $(x, y, t)$  satisfies  $t = t_0$  and bias at the same time, the point is considered be truly detected,  $t$  is the type of the singular point. We labeled training DB manually. Our labels can be classified into two categories, and thus two sets of labels are generated. One set is the label of cores and the other is the label of deltas.

# Набор данных для тестирования и критерии оценки

1. the evaluation will consider the quantity and type of the detected singular points as well as their distance to the ground truth.
2. For a ground truth singular point  $(x_0, y_0, t_0)$ , if a detected singular point  $(x, y, t)$  satisfies  $t = t_0$  and  $\text{sqrt}((x - x_0)^2 + (y - y_0)^2) < 10$  at the same time, the point is considered to be truly detected. Otherwise, it is called a miss.
3. The detection rate is defined as the ratio of the truly detected singular points to all ground truth singular points.
4. The miss rate is defined as the ratio of the missed singular points to all ground truth singular points.
5. The false alarm rate is defined as the ratio of the falsely detected singular points to all ground truth singular points.
6. If all singular points are truly detected and there are no spurious singular points in a fingerprint, the fingerprint is considered to be “correctly” detected.

# Результаты

Алгоритм	Скорректированная скорость обнаружения (%)	Скорость обнаружения (%)		Промахи (%)		Частота ложных срабатываний (%)	
		Cores	Deltas	Cores	Deltas	Cores	Deltas
AMF	38	52	60	48	40	56	28
WP	32	42	53	58	47	10	12
SPBC	31	48	45	52	55	32	26
SPOD	35	56	48	44	52	30	35
SP-Net	36	55	52	45	48	26	31
SinNet	48	68	63	32	37	16	15
Предлагаемый метод	69	78	84	22	16	25	5

# Вывод

Обобщены результаты проведенного исследования для ускорения распознавания отпечатков пальцев. Разработано приложение, содержащее исходные коды реализованной программы на C++. Описан новый подход к распознаванию отпечатков пальцев, использующий сочетание кластерного метода, метода анализа лепестков, вращение карты потока и выбор наибольшего значения изогнутой формы. Предложена классификация типов рисунков по отпечатку пальца. Эта классификация основана на распознавании признаков и состоит из карты потока, создания кривизны. Рассмотрены три типа особенностей: петля, дельта и завиток. Основываясь на этих характеристиках классифицирован тип шаблона, который имеет более шести номеров. Также показаны деревья для левой петли, правой петли, шатровой арки, арки, простого завитка, вытянутого овала и сложного узора. Классификация позволяет разделить базу данных отпечатков пальцев на шесть или более частей, которые не пересекаются, что может ускорить очередную процедуру сопоставления. В дальнейшей работе планируется оптимизировать распознавание особенностей, если их окажется много, также планируется провести исследование о том, как лучше выбирать особенности.

# **Список публикаций, зарегистрированных программ, патентов**

# Scopus

- Hany S. Khalifa, H. I. Wahhab A.N. Anssari. and M.A.O.A.K. Fingerprint Segmentation Approach For Human Identifiaction // Appl. Math. Inf. Sci. 2019. Vol. 13, № 4.
- A. N. Alanssari. A Novel Method of Singularity Recognition of Fingerprints // 2019 International Russian Automation Conference (RusAutoCon). Sochi, 2019.
- A. A. Abdulhussein, H. K. Kuba, A. N. Alanssari A Computer Vision to Improve Security Surveillance through the Identification of Digital Patterns // 2020 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM). 2020.

# BAK

- Wahhab H.I., Alanssari A.N. Survey of Primary Methods of Fingerprint Feature Extraction // Bull. South Ural State Univ. Ser. Comput. Technol. Autom. Control Radioelectron. 2018. Vol. 18, № 1. P. 140–147.
- Alanssari A.N., Wahhab H.I., Behtold O. V. Development of the Subsystem for Fingerprints Image Analysis // Sci. Prospect. 2018. Vol. 9, № 108. P. 100–104.
- Alanssari A.N., Wahhab H.I. Development of the Identification System by Fingerprints // Bull. South Ural State Univ. Ser. Comput. Technol. Autom. Control Radioelectron. 2018. Vol. 18, № 3. P. 22–30.

# BAK

- H. I. Wahhab, A. N. Alanssari, D.S. Rozhina, A.V. Agafonov a fingerprint matching algorithm // Bull. South Ural State Univ. Ser. Comput. Technol. Autom. Control Radioelectron. 2019. Vol. 19, № 4. 5. A.V. Agafonov, D.S. Rozhina,
- H. I. Wahhab, A. N. Alanssari, robust fingerprint flow chart algorithm // Bull. South Ural State Univ. Ser Computational Mathematics and Software Engineering. 2019. Vol. 18, № 4.

# Конференции

- H. I. Wahhab, A. N. Alanssari, V. Gudkov and O.V.B. A novel method for calculating a fingerprint gradient // J. Eng. Appl. Sci. 2019.
- O.V. Behtold, H.I. Wahhab A. N. Alanssari. IMPROVED TRUST FACTOR-BASED FINGERPRINT LINE DIRECTION METHOD // 10th scientific conference of graduate and doctoral students.Chelyabinsk 2018. P. 120–123.
- А.Н. Аль-Ансари, Х.И. Ваххаб О.В.Б. ОБЗОР ПРОБЛЕМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ // 10th scientific conference of graduate and doctoral students.Chelyabinsk 2018. P. 115–120.

# Конференции

- A.N. Alanssari, H.K. Kuba H.I.Wahhab. Advantages and Disadvantages of Fingerprint Recognition // 11th scientific conference of graduate and doctoral students.Chelyabinsk 2019.
- H. K. Kuba, V.J. Gudkov, A. N. Alanssari, O. V. Behtold, H.I.Wahhab . Description Basics of Images of Fingerprint // 11th scientific conference of graduate and doctoral students.Chelyabinsk 2019.
- О. В. Бехтольд, Х. И. Ваххаб, А. Н. Аль-Анссари, К.К. Хасаниен, Улучшенный метод скелетизации изображения и решение проблемы исчезающих линий стандартных методов // 11th scientific conference of graduate and doctoral students.Chelyabinsk 2019.

# Конференции

- Куба Х.К., Гудков В.Ю., Аль Анссари А.Н., Бехтольд О.В., Ваххаб Х. И., Лепихова Д.Н. Иерархическое описание дактилоскопических изображений // Интеллектуальные технологии: гуманитарные, социально-правовые и цифровые аспекты: материалы всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Миасс, 6 июня 2019г.).– Челябинск: Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2019.– С. 53–58. ISBN 978-5-7271-1589-3.
- Гудков В.Ю., Аль Анссари А.Н. , Бехтольд О.В., Ваххаб Х. И. , Лепихова Д.Н. Анализ градиента изображений отпечатков пальцев // Интеллектуальные технологии: гуманитарные, социально-правовые и цифровые аспекты: материалы всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Миасс, 6 июня 2019г.).– Челябинск: Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2019.– С. 14–21. ISBN 978-5-7271-1589-3.

# Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ

- Alanssari A. N. Certificate of state registration of program for ЭВМ " Распознавание петель, дельт, завитков изображений отпечатков пальцев " No. 2019660766 from 13.08.2019.

Ena crudo!