

ТЕХНИКА ЗА ПОДОБНОСТНО ТЪРСЕНЕ ПО ФОРМА В БАЗИ ДАННИ ОТ ИЗОБРАЖЕНИЯ

гл. ас. инж. Мариана Цветанова Стоева

Технически Университет Варна, катедра Компютърни Системи и Технологии
Варна E-mail: mstoeva@windmail.net

Stoeva M., A Technique for shape similarity research in image databases. In this paper we present a new technique for retrieval of images from image database that are similar by shape to the objects they contain. Our shape similarity retrieval model is based on histogram description of object shape that is independent on the translation, scale, rotation and symmetry transformations. A multi-dimensional index and similarity distance are defined. We present a similarity query processing architecture and the carried out experiments.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Богатството от информация и интерпретации на изображенията налагат организираното им съхраняване в БДИ заедно с автоматично извлеченат от тях, описващата съдържанието им информация. За описание на съдържанието на изображенията са използвани цветови, структурни, формови и пространствени свойства. Предмет на изследване са визуалните характеристики, от които потребителя се нуждае за различни приложения, разбирането как най-добре да се изпълнят те за изобразително възстановяване и кое съставлява подобие за възстановяване на изображения.

В тази статия представяме една нова техника на възстановяване на изображения от база данни от изображения, подобни по форма на обектите, които съдържат. Нашият модел на подобностно формово възстановяване се базира на хистограмно описание на формата на обектите, което не зависи от преобразованията трансляция, мащабиране и ротация. Това описание на формата определя многодименсионен индекс за форма на обекта с относително малка дименсия. Дефинираната подобностна дистанция отразява разбирането за подобие в медицинските приложения. Представена е многостъпкова структура на подобностна обработка на заявката и резултати от направените експерименти.

2. ОПИСАНИЕ НА ФОРМАТА НА ОБЕКТА

В съществуващите визуални системи за описание на формата на обекта са използвани : граничнобазирани методи методи, базирани на геометрични региони върху пространствени области и трансформационни методи [1].

Повечето методи получават описание формата на обекта независимо от трансляция. Малко са тези формови описания, които са непроменливи спрямо ротация и мащабиране. Предлаганият в статията метод описва формата на обекта като това описание не зависи от евентуална ротация, мащабиране и трансляция на обекта и е с относително малка дименсия.

От изображение зададено на пикселно ниво се идентифицират значимите за приложението обекти чрез сегментация с един от известните методи. Приемаме че в черно-бяло изображение с размерност $m \times n$ се съдържа единствено идентифицирания обект F . Пикселно базираното описание на F геометрично се описва чрез контурите на обекта $F = \{C_j \mid 0 \leq j < n\}$. Контурите на обекта C_0, C_1, \dots, C_n се получават с известния алгоритъм на обход отгоре надолу и отляво надясно. Контурите C_j са свързани множества от пиксели зададени със своите координати $C_j = \{(x_{ji}, y_{ji}), 1 \leq i \leq k\}$, като C_0 е външният k -мерен контур на обекта, а C_1, C_2, \dots, C_{n-1} са възможните вътрешни контури на обекта.

Определя се "реперна" точка за външния контур C_0 - центъра на тежестта му (X_0, Y_0) , получен с усредняване на координатите на външния контур.

$$X_0 = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k x_{0i}, \quad Y_0 = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k y_{0i}$$

Тази "реперна" точка отчита трансляция, трансляция породена от ротация и трансляция породена от мащабиране при използване на различни точки спрямо които се мащабира контура. Точката (X_0, Y_0) запазва относителната си пространствена локация спрямо точките от контура, независимо от преобразуваната трансляция, ротация и мащабиране. Условно се премества началото на координатната система в точката (X_0, Y_0) . Преобразуват се координатите на външните и вътрешните контури $C_j = \{(r_{ji}, \alpha_{ji}), 1 \leq i \leq k, 0 \leq \alpha_{ji} < \pi\}$ в полярни.

$$\alpha_{ji} = \begin{cases} \arctg \frac{y_{ji} - Y_0}{x_{ji} - X_0}, & x \neq X_0, \quad 0 \leq \alpha < \pi \\ \pi/2, & x = X_0 \end{cases}$$

$$r_{ji} = \begin{cases} +\sqrt{(x_{ji} - X_0)^2 + (y_{ji} - Y_0)^2}, & ((y_{ji} - Y_0) > 0) \cup ((y_{ji} - Y_0) = 0, (x_{ji} - X_0) > 0) \\ -\sqrt{(x_{ji} - X_0)^2 + (y_{ji} - Y_0)^2}, & ((y_{ji} - Y_0) < 0) \cup ((y_{ji} - Y_0) = 0, (x_{ji} - X_0) < 0) \end{cases}$$

Определя се максималното евклидово разстояние от центъра на тежестта до точките от външния контур $r_{0max} = \max |r_{0i}|$. Определя се водещ за външния контур пиксел. Първостепенен критерий за определянето на водещ пиксел е координатата му да изпълнява условието $|r_{0i}| = r_{0max}$. При наличие на повече от един пиксел, за които $|r_{0i}| = r_{0max}$, следва сложен критерий, който отчита броя на максимумите и взаимното им разположение, както и броя и координатите на точките от контура между максимумите. Полярните координати на водещият пиксел (r_{0M}, α_{0M}) определят ъгъл β .

$$\beta(r_{0M}, \alpha_{0M}) = \begin{cases} \alpha_{0M} & r_{0M} \geq 0 \\ -\alpha_{0M} - \pi & r_{0M} < 0 \end{cases}$$

Следва ротация на контурите C_j около точката (X_0, Y_0) на ъгъл β , така че определеният за водещ пиксел след ротацията лежи върху положителната

посока на остта ОХ. Тази ротация цели ориентирането на всеки контур по един и същи начин. $C_j = ((r_{ji}, \theta_{ji}), 1 \leq i \leq k, 0 \leq \theta_{ji} < \pi)$. Описаните двумерни преобразувания за точката (x_{ji}, y_{ji}) се определят със следните уравнения:

$$\begin{aligned} X_{ji} &= r \cos \theta_{ji} & X_{ji} &= (x_{ji} - X_0) \cos \beta - (y_{ji} - Y_0) \sin \beta & 0 \leq \theta_{ji} < \pi \\ Y_{ji} &= r \sin \theta_{ji} & Y_{ji} &= (x_{ji} - X_0) \sin \beta - (y_{ji} - Y_0) \cos \beta \end{aligned}$$

$$\theta_{ji} = \begin{cases} \arctg \frac{Y_{ji}}{X_{ji}}, & X_{ji} \neq 0 \\ \pi/2, & X_{ji} = 0 \end{cases} \begin{cases} 0 \leq \theta_{ji} < \pi/2, & XY \geq 0 \\ \pi/2 < \theta_{ji} < \pi, & XY < 0 \end{cases}$$

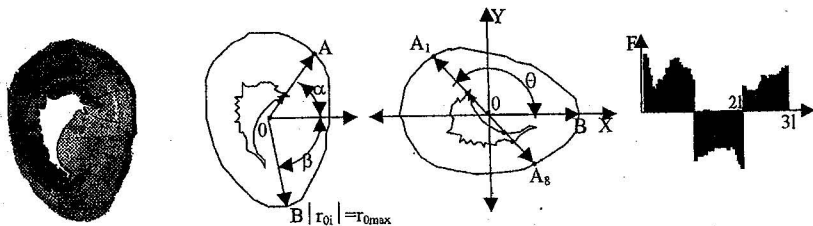
$$r_{ji} = \begin{cases} +\sqrt{(X_{ji} - X_0)^2 + (Y_{ji} - Y_0)^2}, & ((Y_{ji} - Y_0) > 0) \cup ((Y_{ji} - Y_0) = 0, (X_{ji} - X_0) > 0) \\ -\sqrt{(X_{ji} - X_0)^2 + (Y_{ji} - Y_0)^2}, & ((Y_{ji} - Y_0) < 0) \cup ((Y_{ji} - Y_0) = 0, (X_{ji} - X_0) < 0) \end{cases}$$

От така преобразуваните координатите на контурите се получава хистограмно описание на формата на обекта, формиращо многодименсионния индекс $F = ((F_{\theta i}), 1 \leq i \leq l)$. Стълбовете на хистограмите се определят от пресечните точки на контурите с оси, минаващи през началото на координатната система и сключващи ъгъл θ_i с с положителната посока на остта Х. Ъгълът $0 \leq \theta_i < \pi$ се изменя с равномерна стъпка $\Delta \theta = \pi / l$, където l е общият брой на пресечните оси и може да бъде една от следните стойности $2^1, 2^2, 2^3, \dots, m$. За да се опишат всички всички пиксели от изображението би трябвало $\Delta \theta \approx \pi / m$ или $l \approx m$. Използва се факта, че произволна права пресича всеки контур C_j четен брой пъти. Нека права минаваща през началото на координатната система и сключваща ъгъл $\theta_i = \text{const}$ с положителната посока на остта Х пресича контурите C_j на обекта в точки: $F \cap \theta_i = ((r_{j1i}, r_{j2i}), 0 \leq j < n)$, където: i е поредният номер на пресичащата ос ($1 \leq i \leq l$), l е общият брой на пресичащите оси с уравнение $\theta_i = \text{const}$ ($\theta_i = \Delta \theta (i-1)$, $0 \leq \theta_i < \pi$). Фиг.1 илюстрира хистограмното описание на формата на обекта.

Описанието на формата приема вида $F(f_1, f_2, \dots, f_{3l})$. То формира многодименсионния индекс за форма, съхраняван в базата данни. Многодименсионният индекс за форма е с размер 3l. За изображение с

$$F_A(f_1, f_{i+1}, f_{i+2}) = \begin{cases} f_i = \frac{1}{r_{\text{Omax}}} \max(r_{\theta i}) \\ f_{i+1} = \frac{1}{r_{\text{Omax}}} \min(r_{\theta i}) \\ f_{i+2} = \frac{1}{r_{\text{Omax}}} \sum_{j=0}^{n-1} (-1)^j (r_{j1i} - r_{j2i}) \end{cases}$$

размерност $m \times m$ максималният размер на индекса е $3m$, или за изображение с размерност 512×512 максималната дименсия на индекса е 1536 D, една относително малка дименсия за такова изображение.



Фиг.1 а. изображение; б. контури; в. ориентация; г. хистограмно описание

3. ОБРАБОТКА НА ЗЯВКИТЕ ЗА ФОРМА

Заявките за форма са съдържателно базирани. Този тип заявка трябва ефективно да намира и извлича тези изображения, които изглеждат максимално подобни (еднакви) със зададеното от потребителя изображение-образец, критерий. Осъществява се търсене на подобие, а не на точно съвпадение. В настоящото изследване са обработвани и двата основни типове заявки: заявка за търсене на K – най-близки съседни, който връща като резултат от търсенето K на брой подобни изображения на зададеното от потребителя и заявка за търсене на множество от изображения, които са до определена степен ϵ подобни на зададеното изображение.

3.1. Подобностно възстановяване

Обработката на съдържателно базираните заявки налага дефинирането на критерий за оценка на подобие, наречен възстановителна стойност или подобностна дистанция.

Нека заявката за форма да е превърната в изображението в базата данни има хистограмно описание $Q(q_1, q_2, \dots, q_n)$, а изображението в базата данни има хистограмно описание $F(f_1, f_2, \dots, f_n)$, където q_i, f_i са хистограми.

Възстановителната стойност между Q и F за разглеждания възстановителен модел се определя със следните уравнения:

$$d(F, Q) = \sum_{i=1}^l \sin(q_i, f_i), \quad d(F, Q) = \frac{1}{l} \min \left\{ \frac{\sum_{i=1}^l (f_i - q_i)^2 + (f_{i+1} - q_{i+1})^2 + \frac{1}{4}(f_{i+2} - q_{i+2})^2}{\sum_{i=1}^l (f_{i+1} - q_i)^2 + (f_{2i+1} - q_{i+1})^2 + \frac{1}{4}(f_{3i+1} - q_{i+2})^2} \right\}$$

Използваните квадратични функции вече са утвърдени като подходящи дистанционни функции за подобностно изследване. В избраната от нас подобностна дистанция, първите две компоненти отчитат подобие на външните контури, а третата компонента подобие на всички вътрешни контури. В нашето разбиране за подобие, съобразено с медицинското приложение, тежестта на подобие на външния контур е по-голяма от тази подобие на вътрешните контури.

3.2. Структура на обработка на заяката

За общата структура се използва примера на многостъпковата заявкова обработка, където една индексно базирана филтърна стъпка произвежда група от кандидати, а в следващата рафинираща стъпка се изпълнява точна оценка на кандидатите. За заявки от подобностен ранг (възстанови всички изображения с подобностна дистанция от най-малко ϵ до заявковото изображение) се използва алгоритъм [2]. За K - най-близки съседни заявки се използва алгоритъм [3].

Би могло да се използва и кой да е от съществуващите алгоритми за обработка на заявки върху многодименционални индексни структури. Оценителното време е линейно по отношение на дименсията. С увеличаване на броят на дименсията ефективността на методите с мултидименсионен достъп намалява. Разработени са методи като Х-дървото, успешно прилагани за големи дименсии. Въпреки това ниската дименсия дава по-голямо бързодействие.

4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ РЕЗУЛТАТИ

Алгоритмите са изпълнени MatlabR12 и C++ и са оценени върху тестова база данни от 2000 изображения от медицинска изобразителна колекция на хистологични изследвания за нуждите на морфологичната диагностика. Изображенията са трансформирани, така че да са с размерност 256×256 , дименсионния индекс е с размерност $3l = 384$ за $l = 128$. Представените резултати показват желаното поведение на нашия подобностен модел по отношение на върнатите отговори. Резултатите демонстрират добра филтърна селективност и изпълнение във високо дименсионното изобразително пространство.

4.1 Подобностно подреждане

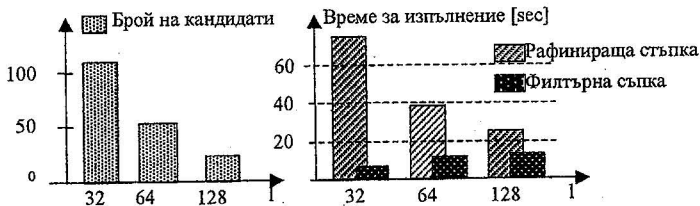
Като прост заявков модел е избрано изображение на човешка артеросклеротична коронарна аорта, съществуващо в базата данни. В колекцията са вмъкнати и няколко модифицирани от нас изображения на същия обект, преобразуван чрез трансляция и ротация или с променени вътрешни и външни контури. Очакванията за стойности на подобностната дистанция се потвърдиха. Фиг.2 оказва K – най подобни изображения от базата данни.

4.2 Оценка на изпълнението

Експериментите бяха направени върху Durofl/750/..... При експеримента за $K=10$, възстановихме 0.5% от обектите на базата данни. Фиг.3 представя броят на кандидатите, които съответстват на филтърната селективност, както и средното общо време на заявковата обработка за различни размери на индекса.



Фиг.2 K на брой най-подобни по форма съседи $K=4$



Фиг.3а. Зависимост на броя кандидати от K ; б. Зависимост на времето за изпълнение от K .

Резултатите показват, че броят на кандидатите и достигнатите и достигнатите индекси страници са главните разходни фактори при обработката на заявката. От диаграмите се вижда, че с увеличаване на индекса, броят на кандидатите чувствително намалява, тъй като индексът дава увеличаващо се количество информация към филтърната стъпка. От друга страна увеличаването на дименсията води до намаляване на бързодействието. Филтърната селективност и общото време за обработка на заявката силно зависи и от заявковия параметър K .

5. ИЗВОДИ

В тази статия представяме един хистограмно базиран модел на формово подобие. Този модел е независим относно преобразуванията (транслация, мащабиране, ротация и симетрия), притежава неизменност и стабилност.

Представена е структура на подобностна обработка на заявката, съобразена с представения модел. Направените експерименти демонстрират прижимостта и ефективността на предложената техника.

6. ЛИТЕРАТУРА

1. P. Stanchev Object-Oriented Image, Model Technology of object-Oriented Languages and Systems TOOLS Eastern Europe'99 Blagoevgrad, June 2-4, 1999
2. C.Faloutsos, M.Ranganathan, Y.Manopolous, "Fast Subsequence Matching in Time-Series Database", Proc ACM SIGMOD Int'l Conf. Managment of data, Mineapolis, Minn, 1999
3. F.Korn, N.Sidiropoulos, C.Faloutsos, E.Siegel, Z. Protopapas, "Fast nearest Neighbor Search in Medical Image Database", Proc 22ndVLDB Conf., Bombay, India, 1996

Докладът е рецензиран от доц. д-р инж. Анатоли Антонов, Технически Университет Варна, катедра Компютърни Системи и Технологии.