

ПРОСТРАНСТВЕНО ПОДОБНОСТНО ВЪЗСТАНОВЯВАНЕ ОТ ИЗОБРАЗИТЕЛНА БАЗА ДАННИ

Мариана Цветанова Стоева

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

***Stoeva M. Spatial similarity retrieval from image database.** Methods for efficient storage and content-based retrieval of images play an important role in multimedia database applications. A spatial similarity algorithm assesses the degree to which the spatial relationships among the domain objects in database image conform to those specified in the query image. In this paper we represent similarity distance and an algorithm for image retrieval from data base by spatial similarity. A θ -R-string is used for the symbol description of objects spatial location. The similarity distance and the algorithm are not influence by possible image transformations of the query and database, moreover they catch also transformed sub-images. Experiments with test image collection were made and the robustness and completeness of the algorithm were determined, and also the retrieval efficiency.*

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Методите за ефикасно съхранение и съдържателно базирано възстановяване на изображения играят важна роля в приложенията на мултимедийни бази данни (БД). Съдържателно базираното възстановяване се характеризира с възможността на системата да установява уместни изображения базирани на техните визуални и семантични съдържания повече, отколкото с използването на прости атрибути и ключови думи, назначени към изображенията. Възстановяване чрез пространствено подобностен (ПП) [1] оператор се използва за обработка на един клас заявки, който е базиран на пространствени връзки между областните обекти. ПП операторът възстановява изображения от БДИ, които удовлетворяват пространствените връзки, специфицирани в заявката до различна степен. Тази степен на съответствие се използва за подреждане на изображенията-отговор в съответствие със заявката.

В тази статия използваме една схема за представяне на пространствените връзки между обектите в едно изображение, отнесено като θR – ред [2]. Тя е получена чрез сливане на названията на областните обекти в едно изображение, в ред, предизвикан от областната релация $\langle \theta R$. Въвеждаме един алгоритъм базиран, представен като SIMR, върху θR редовото представяне за изпълнение на ПП заявков оператор. Пространственото подобие е околичествено въз основа на степенята на подобие на θR - редовете, съответстващи на заявката и на БДИ. SIMR има $\theta(p \log p)$ пъти сложност, където p е броя на обектите, общи и за двете изображения. Алгоритъмът е стабилен, в смисъл, че може да разпознае транслационни, мащабни и ротационни варианти на изображения и варианти създадени от произволно композиране на тези три

геометрични трансформации. Освен това SIMR разпознава подизображения на заявковото изображение (или трансформационни варианти на подизображението) в БДИ. Ефективността на възстановяване на SIMR се оценява с помощта на тестова изобразителна колекция. За да се изследва здравината на подобностния алгоритъм са използвани варианти на изображения, получени чрез произволно композиране на трите основни трансформации – трансляция, мащабиране и ротация.

2. СИМВОЛНО ПРЕДСТАВЯНЕ НА ПРОСТРАНСТВЕНИТЕ СВОЙСТВА НА ИЗОБРАЖЕНИЯТА

От пикселното представяне на едно изображение чрез различни сегментиращи обработки и техники се за идентифицират областните обекти и се определя тяхната локация. Това е изчислително скъпо и трудно, но се изпълнява само веднаж по време на въвеждането на изображението в БД. Освен това тази задача може да се изпълни по полуавтоматичен начин с помощта на оператор. Начинът се определя в зависимост от сложността на изображенията в изобразителната колекция. След сегментацията всеки от областните обекти се обединява с едно име, което води до едно символично изображение. Интуитивно, един областен обект е една семантична даденост, съдържаща се в изображението, което е значимо за приложението. На пикселно или физическо ниво един областен обект се определя като подгрупа от изобразителни пиксели.

Приема се, че едно изображение I се състои от n областни обекта, отбелязани като O_0, O_1, \dots, O_{n-1} . Представяме едно изображение като $I = (O_j, x_j, y_j), 0 \leq j \leq n$, където x_j и y_j представляват координатите на центроида на обект O_j по отношение на Картезианската координатна система. Приемаме, че областните обекти са съхранени по лексикографичен ред на имената на обектите. Приемаме също така, че областните обекти са именувани последователно във всички изображения в БД и изображенията съдържат многократни примери от обектен тип. Означението O_i се използва за обръщане към групата обекти в изображение I , а O_j за означение на j -тия обект на I , а координатите му са указани като $O_j.x$ и $O_j.y$. Прието е, че $O_i.x \neq O_j.x$ и $O_i.y \neq O_j.y$, т.е. няма два обекта със съвпадащи центроиди.

Нека I е едно изображение, създадено чрез произволна композиция, а I_a е изображение, създадено чрез произволна композиция от трансляционна, мащабираща и ротационни трансформации върху I , като трансформациите могат да участват в композицията многократно.

Нека изображението I е представено чрез $I = ((o_j, x_j, y_j), 0 \leq j \leq n)$ и нека $\theta_j (0 \leq j \leq n)$ е ъгълът, който склучва центъра на тежестта на o_j с положителната посока на оста X . Нека $r_j (0 \leq j \leq n)$, е Евклидовото разстояние между центроидите на обекта o_j и изображението I .

Релацията $\langle \theta R$ води до подреждане на обектите в символен ред по нарастващата стойност на θ_j . Всеки обект има ляв ($O_j.ln$) и десен ($O_j.rn$) съсед, чиято дистанция се дефинира с $O_j.ld$ и $O_j.rd$, съответно.

3. ПОДОБНОСТНО ПРОСТРАНСТВЕНО ВЪЗСТАНОВЯВАНЕ

Пространствените заявки 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 [3] и заявка за търсене на множество от изображения, които са до определена степен ε подобни на зададеното изображение[4].

3.1. Подобностна дистанция

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

Нека I_q и I_d са изображението на заявката и изображението от базата данни съответно. Броят на обектите в заявковото изображение е m , а броят на откритите в изображението от базата данни, обекти съпоставящи в заявката е n . Възстановителната стойност между I_q и I_d за разглеждания модел се определя с уравнение (1).

$$\begin{aligned}d(I_q, I_d) &= \frac{m-n}{m} + \\ & \frac{1}{2m} \sum_i^n (Rq_i \ln - Rd \ln) + (Rq_i n - Rd m) + \\ & \frac{1}{4m} \sum_i^n \left(\frac{Rq_i d - Rd d}{Rq_{\max}} \right)^2 + \left(\frac{Rq_i d - Rd d}{Rq_{\max}} \right)^2 \text{ for } (n > 0) \\ d(I_q, I_d) &= 3, \text{ for } (n = 0)\end{aligned}\tag{1}$$

Използваните квадратични функции вече са утвърдени като подходящи дистанционни функции за подобностно изследване. В избраната от нас подобностна дистанция първата компонента отчита степента на съответствие между обектите от заявката и обектите от изображението и има най-голяма тежест. Компонентата има стойност 0, ако всички обекти от заявката съществуват в поредното изображение от базата данни, независимо от пространственото им разположение. Стойността на компонентата нараства с нарастване на неоткрити заявкови обекти в текущото изображение. При пълно отсъствие на търсените обекти стойността на компонентата става 1. Втората компонента отчита взаимното разположение на обектите, чрез съвпадение или не на левите и десните им съседи. При пълно несъвпадение на съседите, стойността на компонентата е 1, а при пълно съвпадение 0. Третата компонента отчита метриката и е с най-малка тежест. Това се определя, от нашето

разбиране за пространствено подобие, където метричните отклонения се отчитат, но служат да отличат изпълнените еднакво първите два критерия. Стойността на тази компонента е 0 при напълно идентични изображения и по-малка от 1 за останалите случаи.

3.2. Пространствено подобен алгоритъм

Пространствено подобният алгоритъм разпознава трансформационните варианти на едно изображение (получена чрез произволна композиция на преобразуванията транслация, ротация и мащабиране. Той разпознава и подизображения и техните трансформационни варианти.

```

Algorithm SIMR ( $I_q=(o_i,x_i,y_i)$ ,  $I_d=(o_j,x_j,y_j)$ )
1   $I_q' \leftarrow ((o_i,x_i,y_i) \mid o_i \in O_{I_q} \cap O_{I_d})$ 
2   $I_d' \leftarrow ((o_j,x_j,y_j) \mid o_j \in O_{I_q} \cap O_{I_d})$ 
3   $n \leftarrow |O_{I_q'}| = |O_{I_d'}|$ 
4   $m \leftarrow |O_{I_q}|$ 
5   $\theta R^a q \leftarrow$  make  $\theta R$  string
6   $\theta R^a d \leftarrow$  make  $\theta R$  string
7   $sim \leftarrow m-n$ 
8  if  $n=0$  do  $sim \leftarrow 2$ 
   else
9    for  $i \leftarrow 0$  to  $n-1$  do
10     find  $k$  such that  $\theta R^a q[i] = \theta R^a d[k]$ 
11     if  $\theta R^a q[i].ln = \theta R^a d[k].ln$  do
12        $sim \leftarrow sim + (\theta R^a q[i].ld - \theta R^a d[k].ld)^2/4$ 
     else
13        $sim \leftarrow sim + 0.5$ 
     endif
14     if  $\theta R^a q[i].rn = \theta R^a d[k].rn$  do
15        $sim \leftarrow sim + (\theta R^a q[i].rd - \theta R^a d[k].rd)^2/4$ 
     else
16        $sim \leftarrow sim + 0.5$ 
     endif
   endfor
17   $sim \leftarrow sim/m$ 
   return  $sim$ 
end SIMR

```

Пространственият алгоритъм връща възстановителна стойност 0, при напълно идентични изображения, и стойност 2, при напълно различни изображения. Останалите стойности на подобността дистанция $\in (0,2)$ и са право пропорционални на степента на различие между изображенията. Тази

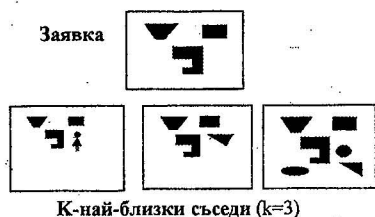
визстановителна стойност се използва за обработката на заявките от описаните по горе два вида.

Алгоритъмът създава две под-изображения I_q' и I_d' , състоящи се само от обектите съдържащи се и в двете изображения. Тези под-изображения се описват с θR_q и θR_d редове и са с дължина n (редове 5 и 6).

Първата компонента на подобностната дистанция sim се натрупва на ред 7. Ред 8 отчита наличие на някакво съответствие или пълното му отсъствие. Цикълът (редове от 9 до 16), който се повтаря n пъти, служи да се натрупат едновременно втората и третата компонента на подобностната дистанция, като редове от 11 до 13 натрупват данните за левите съседни, а от 14 до 16 за десните съседни.

4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ РЕЗУЛТАТИ

Алгоритмите са изпълнени с MatLab и C++ и са оценени върху тестова БД от 100 изображения, като оригиналните изображения са 5, а останалите са получени чрез трансформационни композиции на изображенията и части от тях. В оригиналите изображения има от 5 до 8 обекта. Подизображенията включват от 3 до 5 обекта. Композициите на трансформацията включват самостоятелни преобразувания (транслация, ротация и мащабиране) и комбинации от по 3, 3 или 4 преобразувания.



Фиг.1 K-на брой подобни изображения от БДИ



Фиг.2 K-на брой подобни трансформирани изображения от БДИ

При експеримента изследвахме подобие, оценено чрез алгоритъма, получаващ възстановителни стойности и интуитивно очакваното подобие. За целта е използвана заявка, включваща 3 от съществуващите обекти, разположени идентично както в изображенията и подизображенията от БД.

Фиг. 1 показва K , най-подобни изображения от БД. Очакванията за стойностите на подобностната дистанция се потвърдиха, като те отговарят на нашите разбираня за подобие.

Втората част на експеримента се фокусира върху стабилното поведение на алгоритъма при наличие на различни трансформации. За целта заявката включва 5 обекта, от които 3 съществуват в БД. Заявката е подложена на последователна трансформация от ротация, преместване и мащабиране. Фиг.2

показва K най-подобните изображения за тази заявка. Стойностите на тази заявка запазват удовлетворяващо ни поведение.

Алгоритъмът има $p \log p$ сложност, където p е броят на обектите, общи и за двата вида изображения. Алгоритъмът е здрав в смисъл, че може да разпознае транслационни, мащабни и ротационни варианти на изображенията и подизображенията.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представените пространствено подобна възстановяваща дистанция и алгоритъм решават един клас задачи, а именно съдържателно пространствено подобностно търсене. Подобностната дистанция и алгоритъма не се влияят от възможни трансформации на изображенията от заявката и базата данни, както и улавят и под-изображения. Недостатъкът на този подход се състои в това, че всеки обект се апроксимира с една точка, явяваща се центърът на тежестта му. Подхода не отчита размера и формата на обектите, а определя относителната им пространствена локация само по местоположението на центъра на тежестта им. В последващата си работа смятаме да изследваме подобностното пространствено възстановяване, отчитайки и мериката на регионните обекти.

6. ЛИТЕРАТУРА

1. Shekhar, S.Chawla, S.Ravada, A.Fetterer, X. Liu, C.Lu, -Spatial Databases-Accomplishments and Research Needs - IEEE Trans. Knowledge and data engineering, vol.11, no.1, pp.45-54, 1999
2. Gudivada - $\theta\mathcal{R}$ -stribg: A geometry-based representation for efficient and Effective Retrieval of Images by Spatial Similarity - IEEE Trans. Knowledge and data engineering, vol.10, no.3, pp.504-511, 1998
3. 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
4. F.Korn, N.Sidiropulous, 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.