

Образна диагностика с използването на уейвлетна дискретна трансформация

I. Кратка теоретична обосновка

С бързото развитие на технологиите се увеличава използването на цифрови фотоапарати, смартфони и интернет, а от там нарастват обемите споделени и съхранени мултимедийни данни. За целите на търсенето в база данни от изображения (БДИ) през 90-те години се създава технологията текстово-базирано извличане на изображения (Text-Based Image Retrieval, съкр. TBIR). Нейният механизъм се състои в аотирането на всяко изображение от БДИ с ключови думи, съобразени по семантичност (смислова принадлежност). При подаване на потребителска заявка, изразена в избрано изображение, потребителят въвежда в текстово поле ключови думи, описващи смисловата идентичност на изображението. TBIR извършва процес по сравнение на анотациите и извежда най-близките по подобие резултати. Недостатъците на посочения подход на извличане са:

1. Поради разликата във визуалната интерпретация при човека, търсенето на база анотация може да доведе до незадоволителни резултати. Това води до понижаване ефективността на TBIR;
2. Невъзможността за аотиране чрез ключови думи на големи по обем бази данни от изображения;
3. Трудоемкост и оскъпяване на процеса по въвеждане на анотациите поради необходимостта от намесата на човешки фактор.

За преодоляването на недостатъците е разработена технология по автоматично извличане на изображения по съдържание (Content-Based Image Retrieval, съкр. CBIR), която доказва своята обективност и ефективност, изразена в по-високата скорост и точност на извличане, както и по-ниската себестойност на технологичния процес. Основните задачи на CBIR са две:

1. Генериране на признаков вектор (feature vector), за описание съдържанието на изображението, което се реализира чрез предварително избрана техника. Този вектор се използва за представяне на изображението в база от данни (БД), чрез която се извършва процеса по търсене, като заема по-малко дисково пространство, сравнено със съхраняването му в графичен формат.
2. Дефиниране на подобие (similarity measure), при което на база сравнение на признаковите вектори между заявеното изображение

и съхранените в БДИ чрез мерки за определяне на подобие / разстояние се изчислява степента на близост. Изображенията с най-висок ранг на подобие се извеждат като краен резултат от потребителското търсене.

Признаковите вектори се генерират на базата на един или повече избрани признаци, съобразени с изпълнението на конкретна задача. Тези признаци могат да бъдат цвят, форма, текстура, пространствено разположение и др.

Използвани техники за извличането на признака цвят са: цвetoва хистограма, корелограма, автокорелограма, кръгова хистограма, цвetoва хистограма на съседство, хистограма на цвetoвия векторен ъгъл, глобална цвetoва хистограма, локална цвetoва хистограма и др.

Често използвани техники за генерирането на текстурни признакови вектори са уейвлетните трансформации, поради своето бързодействие, качества за определяне на посока и извличането на пространствени характеристики, което ги прави особено приложими в практиката.

За целите на извличането на признакови вектори по форма класически са следните методи: детектор на Харис (с използване на контурлети), детектор на Харис за разпознаване на ъгли, трансформация на Радон, детектор за разпознаване на ръб на Кани и др.

II. Приложение на CBIR в медицината

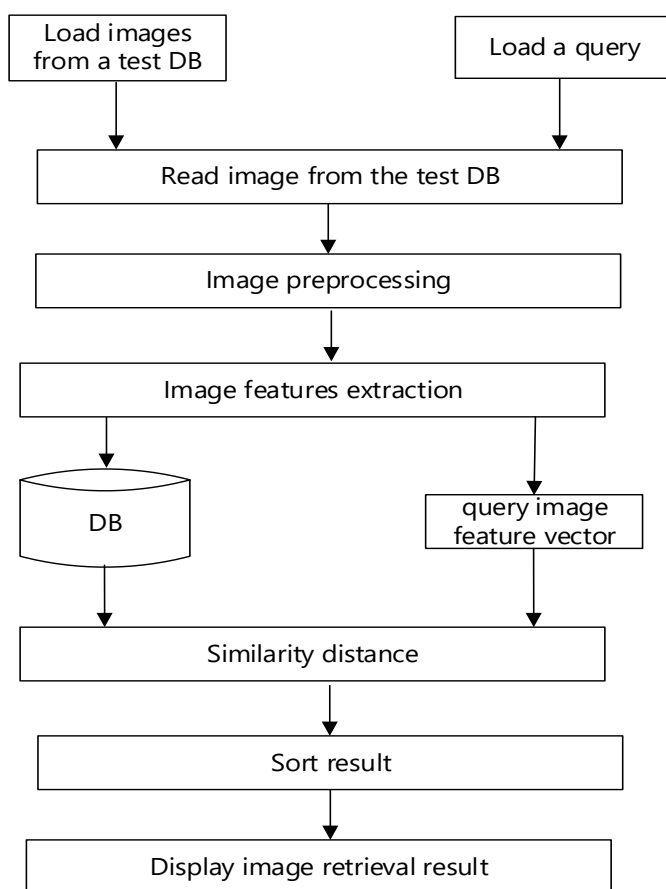
Процеса по извличането на изображения по съдържание (CBIR) включва локализиране и извличане на изображения, подобни на подадена потребителска заявка при използването на множество функции. В сферата на медицината CBIR изисква достъп до медицински данни от медицински архиви и от медицинска апаратура с цел извършването на анализ, взимането на решение. Документирането на подобен на заявката медицински проблем и неговата история могат да подпомогнат лекарите при анализа и разрешаването му. Преимущество на CBIR в медицината е възможността чрез него да се подобри поставената диагноза, администрирането, преподаването и учебния процес в медицината, както и медицинските изследвания. Второ негово преимущество е подпомагането при визуална / автоматична диагностика и вземане на решения при дистанционно консултиране / скрининг в реално време, тестове за съхраняване и предаване, помощ в домашни условия и цялостно наблюдение на пациента. Показателите помагат за сравняване на визуални данни и подобряват

диагностиката. Специално проектираните архитектури могат да се възползват от сценария на приложението. CBIR използва призови за стандартизация на файловото съхранение, процедури за запитвания, ефективно предаване на изображения, реалистични бази данни, глобална наличност, простота на достъп и интернет базирани структури [1].

III. Експериментална постановка

Целта на настоящето упражнение е чрез примерен CBIR алгоритъм да се извлекат серия от изображения, подобни на зададен оригинал от тестова база данни от изображения за целите на медицината. За изпълнението на целта са предвидени задачи за симулиране и оценка на ефективността на алгоритъма при три случая на разделителна способност на изображенията.

На фиг. 1 е представен алгоритъм за описание на медицински изображения, определяне на подобие и тяхното извеждане с тематична насоченост тиронид на щитовидната жлеза.



Фиг. 1 CBIR алгоритъм за извеждане на подобни изображения

Представеният алгоритъм се състои от пет основни етапа:

1. Предварителна обработка на изображенията (preprocessing) – етап по подготвяне на изображенията за генериране на признакови вектори. В етапа се включват процеси като филтриране, нормализация, мащабиране, сегментация, конвертиране от едно цветово пространство в друго и др. За целите на медицината използваното цветово пространство е полутоново (greyscale). То позволява анализа на пикселите в интервала от $[0,1]$, отчитайки сенките като нюанси на сивия цвят, позволяващи тяхната медицинска интерпретация. В посочения обхват черният цвят се характеризира с ниска стойност на интензитета (0), а белият – с висока (1).
2. Прилагане на избрана техника за извличане на признакови вектори за всяко изображение от БДИ, в сл. е избрана *уейвлетна дискретна трансформация*.
3. Процес по съхраняване на признаковите вектори в предварително проектирана БД;
4. Етап по оценка степента на подобие чрез прилагане на избрана техника за сравнение между признаковия вектор на заявеното изображение и всички вектори, съхранени в БД и представлящи всички изображения в БДИ. Избраната метрика за нуждите на поставената задача е *Евклидово разстояние*.
5. Сортиране и извеждане на получените резултати.

III.1. Уейвлетна дискретна трансформация

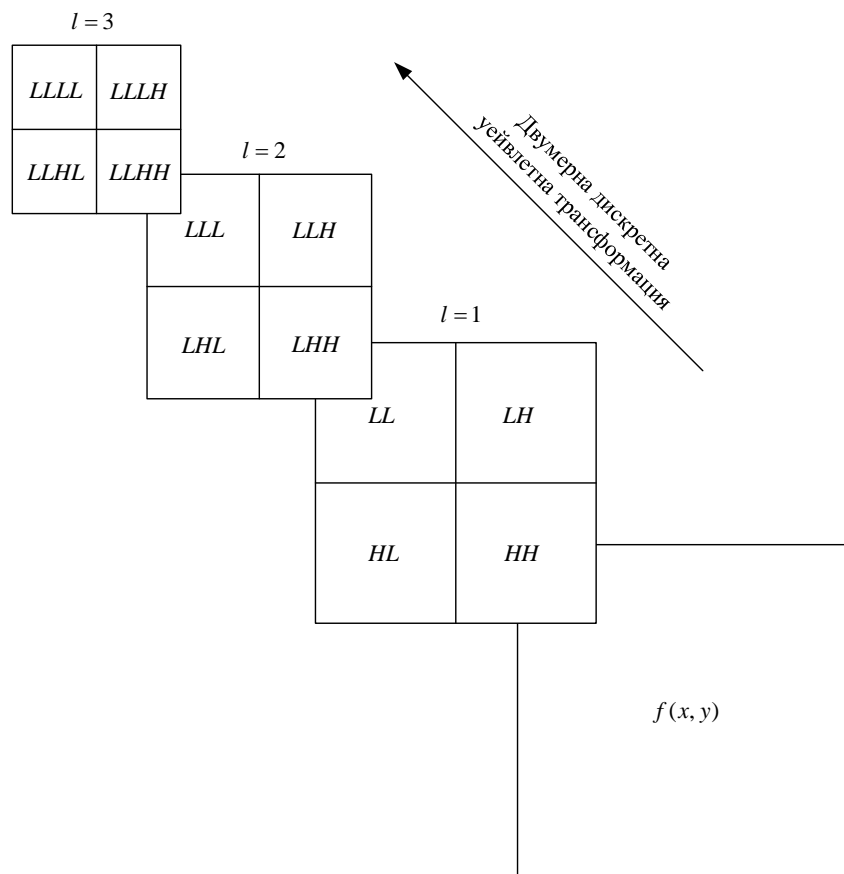
Уейвлетите са периодични функции, ограничени по време и честота. Те се прилагат ефективно за йерархично разлагане на непрекъснати във времето сигнали на съставни в честотно-временната област и за тяхното анализиране. Представянето на функция чрез уейвлет се състои в цялостна апроксимация заедно с детайлните коефициенти (details, детайлните коефициенти представляват високочестотните компоненти на сигнала $x(n)$). Те се получават на база изчисления и не подлежат на анализ при следващите нива на трансформация), което оказва влияние на функцията при различни мащаби. Уейвлетната трансформация позволява компактното представяне на данните. Формираните вектори от характеристики притежават един и същи размер, отличават се с устойчивост при промяна на мащаба и разделителната способност при дитеринг (dithering effect), както и при

изменения в цветовия интензитет. Освен това, чрез уейвлетите успешно се извлича информация за признаците текстура и форма.

Уейвлетните коефициенти се генерират чрез анализираща филтърна банка, състояща се от нискочестотни (НЧФ) и високочестотни филтри (ВЧФ) на n броя нива на анализ на изображението $f(x, y)$. При такъв анализ от подаденото изображение при първо ниво на трансформация се генерират четири подизображения с означения LL, LH, HL и HH.

LH, HL и HH съдържат детайлна информация и се характеризират с три различни посоки на ориентация съответно: вертикална, хоризонтална и диагонална, които са в пряка зависимост от използвания ориентиран уейвлет.

За всяко следващо ниво на разлагане на изображението $f(x, y)$ се използва подизображението LL. На Фиг. 2 е представена йерархична структура при анализ на изображение при три нива на уейвлетна дискретна трансформация.



Фиг. 2: Йерархична структура при анализ на изображение при три нива на разлагане с уейвлетна дискретна трансформация

При следващо ниво на анализ подизображението LL се разлага на четири нови подизображения: LLL, LLH, LHL и LHH. Този процес е итеративен и продължава до достигане на предварително избрано ниво на трансформация. Получените детайлни коефициенти за всяко LL подизображение от всяко ниво на трансформация се използват за формирането на признаков вектор, описващ съдържанието на изображението $f(x, y)$.

III.2. Евклидово разстояние

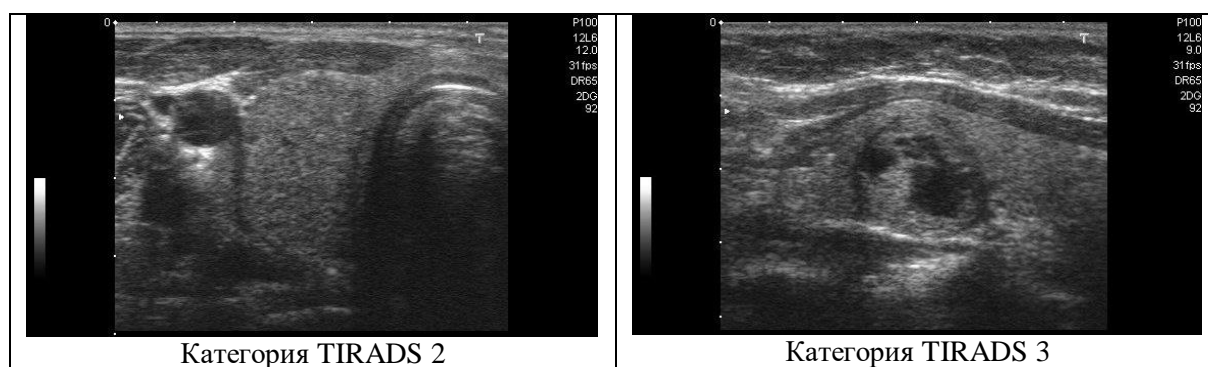
Най-често предпочитаната мярка е Евклидовото разстояние (L_2 -norm), поради своята простота и удобство на използване. То се дефинира чрез най-краткото разстояние d между две точки P и Q от Евклидовото пространство. Нека векторът $x=[x_1 \ x_2]$ описва координатите на точка P , а векторът $y=[y_1 \ y_2]$ описва тези на точката Q . Тогава Евклидовото разстояние се определя от сумата на квадратичните разлики в координатите им (1):

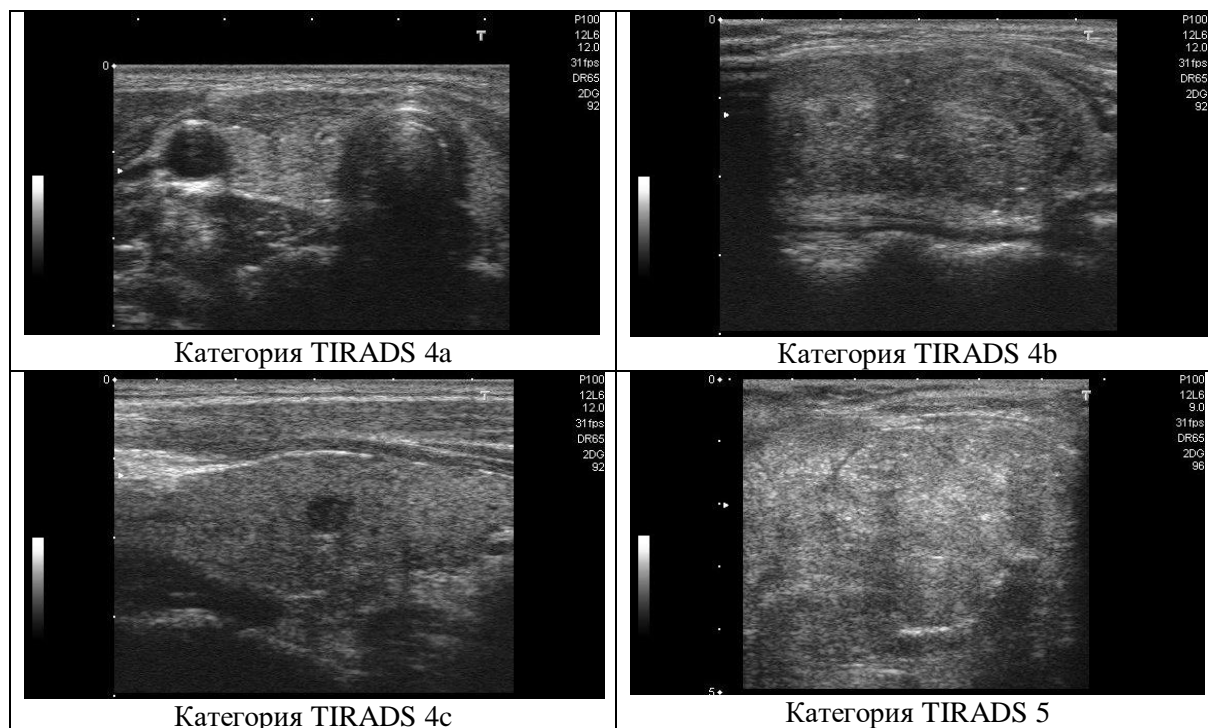
$$d_{Euc}(x, y) = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_k - y_k)^2} \quad (1)$$

Методът се използва за определяне на разликата между две изображения по цвят, форма и текстура.

За изпълнение на поставените задачи е необходимо използването на тестова БДИ, достъпна от <http://cimalab.intec.co/applications/thyroid/>.

На Фиг. 3 е представена използваната медицинска тестовата БДИ (TIRADS) по групи според степента на развитие на тироидното заболяване.





Фиг. 3 Тестова БДИ TIRADS по групи

III. 3. Определяне ефективността на CBIR алгоритъм

Ефективността на CBIR алгоритъм се определя на база получените резултати от търсенето. Точност според броя на релевантно извлечените спрямо общия брой на извлечените изображения (Precision) (2) и точност на релевантно извлечените изображения спрямо общия брой релевантни в БДИ (Recall) (3) са класическите мерки за определяне на ефективност.

$$Precision = \frac{|relevant \cap retrieved|}{|retrieved|}, \quad (2)$$

При Precision=100%, всички извлечени изображения са релевантни.

$$Recall = \frac{|relevant \cap retrieved|}{|relevant|}. \quad (3)$$

Достигането на Recall=100% се свързва с извличането на цялата колекция от тестови изображения, което води до понижени стойности на Precision метриката, клонящи към нула.

IV. Задачи за изпълнение

В папката „Medical Image Retrieval“ се съдържат три подпапки за случаите на използвани тестови изображения при разделителна способност 64 x 64px, 128 x 128px, 256 x 256px. Всяка от папките съдържа заявените в алгоритъма изображения „query“ и техните извлечени резултати „retrieved images“. Номерата на папките на извлечените резултати в наименованието си съдържат номера, които съвпадат с номера на подадената заявка. Тези номера са съобразени с номерацията в тестовата база данни от изображения по групи с цел улесняване процеса на оценка на резултатите.

Пример:

В папката 256 x 256 при подадена заявка на изображение с разделителна способност 256 x 256 „query (2)“ са извлечени 10 изображения, съхранени в папката „retrieved images (2)“. Номер (2) отговаря на изображението с номер 2 от първа група на тироидното заболяване, както е публикувано в <http://cimalab.intec.co/applications/thyroid/>

Като се използват получените резултати за шестте подадени заявки да се изпълнят следните задачи и се състави лабораторен протокол според указания модел:

1. Да се определи ефективността на използвания CBIR алгоритъм с уейвлетна трансформация по метриката Precision за шестте подадени заявки и техните резултати при разделителна способност 64 x 64px, 128 x 128px, 256 x 256px.
2. Да се определи ефективността на използвания CBIR алгоритъм с уейвлетна трансформация по метриката Recall за шестте подадени заявки и техните резултати при разделителна способност 64 x 64px, 128 x 128px, 256 x 256 px.
3. Да се построят по две графики съответно за Precision спрямо случаите за шестте заявки и аналогично за мярката Recall. Тези две графики да се генерират при разделителна способност 64 x 64px, 128 x 128px, 256 x 256px.
4. Да се направи анализ на база получените графични резултати от т. 3 на заданието.

V. Библиография

- [1] Albany E., Vania V. Estrela, “Content Based Image Retrieval (CBIR) in Remote Clinical Diagnosis and Healthcare,” *Encyclopedia of E-Health and Telemedicine*, pp. 495-520, 2016.

V. Допълнителни източници

V.1. Уейвлетна трансформация

<https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/wavelet-transforms>

<http://disp.ee.ntu.edu.tw/tutorial/WaveletTutorial.pdf>

V.2. Евклидово разстояние

<https://www.sciencedirect.com/topics/mathematics/euclidean-distance>

https://hlab.stanford.edu/brian/euclidean_distance_in.html

<http://www.econ.upf.edu/~michael/stanford/maeb4.pdf>

V.3. Приложение на CBIR в медицината

A. Kumar, J. Kim, W. Cai, M. Fulham, D. Feng, “Content-Based Medical Image Retrieval: A Survey of Applications to Multidimensional and Multimodality Data,” *Journal of Digital Imaging*, 26(6): 1025–1039, 2013.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3824925/>

V.4. Предварителна обработка на изображения

https://shodhganga.inflibnet.ac.in/bitstream/10603/154076/5/05_chapter%203.pdf

Контакти

vetova.bas@gmail.com

ПРОТОКОЛ

Тема: Образна диагностика с използването на уейвлетна трансформация

Име:

Факултет:

Специалност:

Фак. №:

Група:

Дата:

I. Цел на упражнението

II. Задачи за изпълнение

1.
2.
3.
-

III. Получени резултати от проведените експериментални изследвания

1. Определяне ефективността на използвания CBIR алгоритъм с уейвлетна трансформация по метриката **Precision** за шестте подадени заявки и техните резултати при следните случаи:

A) при разделителна способност 64 x 64px

B) при разделителна способност 128 x 128px

C) при разделителна способност 256 x 256px

2. Определяне ефективността на използвания CBIR алгоритъм с уейвлетна трансформация по метриката **Recall** за шестте подадени заявки и техните резултати при следните случаи:

A) при разделителна способност 64 x 64px

B) при разделителна способност 128 x 128px

C) при разделителна способност 256 x 256px

3. Построяване на Precision x Recall графика:

A) при разделителна способност 64 x 64px

В) при разделителна способност 128 x 128px

С) при разделителна способност 256 x 256px

4. Анализ на база получените графични резултати от т. 3 на заданието

IV. Изводи