

07K-78-NC1-054  
01.02.2019



## РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на  
образователна и научна степен „Доктор“

Автор на дисертационния труд: маг. инж. Стела [REDACTED] Ветова-Иванова  
Тема на дисертационния труд: ИЗВЛИЧАНЕ НА ИЗОБРАЖЕНИЯ ПО СЪДЪРЖАНИЕ  
ЧРЕЗ КОМПЛЕКСНО УЕЙВЛЕТНО ПРЕОБРАЗУВАНЕ С ДУАЛНИ ДЪРВЕТА  
Рецензент: проф. д.т.н. инж. Румен [REDACTED] Кунчев

### 1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научноприложно отношение

Обектът на изследване в рецензирания дисертационен труд попада изцяло в областта на системите за извличане на изображения по съдържание“ от бази данни (английска абревиатура CBIR - Content Based Image Retrieval). Това са информационни системи с все по-широко приложение в различни области, като: автоматизирани пропускни системи (напр. за граничен контрол, достъп до секретни обекти, сгради с ограничен достъп, и пр.); автоматично търсене на изображения (заявки) по съдържание в бази данни (БД), съдържащи фотоснимки на лица от криминалния контингент и на други техни биометрични характеристики (пръстови отпечатащи, изображения на дланите, ушите, вените на ръцете, термични изображения на лицето, и др.); БД със снимки на издирвани автомобили по техните регистрационни номера, форма на превозните средства, и пр.; БД с мултиспектрални изображения на земната повърхност, заснети от различни видове летателни апарати (спътници, самолети, дронове, и др.); БД с медицински изображения от компютърна томография, ядрено-магнитен резонанс, и т.н. Без съмнение темата на дисертацията, както и поставената в нея основна цел - разработването на нов подход за извличане по съдържание на изображения от БД с висока точност и ниска изчислителна сложност - са изключително актуални и важни както в научно, така и в научноприложно отношение.

### 2. Степен на познаване състоянието на проблема и творческа интерпретация на литературния материал

Докторантката е показала много добро познаване на съвременните детерминирани CBIR методи и алгоритми, анализирани и класифицирани в първа глава и в приложението към

нея въз основа на библиография с 193 цитирани заглавия в периода от 1984 г. до 2018 г. В обзора не са включени CBIR методи и алгоритми за извличане на изображения по съдържание от БД чрез невронни мрежи с дълбоко обучение (НМДО). Последните изискват предварително итерационно обучение, което се характеризира със сравнително висока изчислителна сложност. CBIR системите с НМДО имат по-висока ефективност спрямо детерминирани само за конкретните класове изображения, използвани за тяхното обучение. В дисертацията е направен анализ и сравнение на основните детерминирани методи и алгоритми, използвани в CBIR системите. Въз основа на този анализ е извършена тяхната класификация според критериите цвят, текстура, форма на обектите, техните комбинации, пространствено разположение на „ъглови“ точки, контури и области в изображението, глобални и локални дескриптори на обекти, и такива, които използват уейвлетни коефициенти от различни видове реални и комплексни преобразувания. Направено е също така сравнение на различните метрики за определяне на подобие между двойка изображения. В резултат от проведенния анализ и направените изводи в края на първа глава инж. Ветова-Иванова е обосновала и формулирала правилно 6 основни задачи на своя дисертационен труд. Решаването на тези задачи е представено в следващите 4 глави.

### **3. Съответствие на избраната методика на изследване с поставената цел и задачи на дисертационния труд**

Основен инструмент за изпълнение на предложения в работата подход за извличане на изображения по съдържание от БД въз основа на създадените нови алгоритми и за провеждане на експериментални изследвания за оценка на тяхната ефективност е известното Двумерното Дискретно Комплексно Уейвлетно Преобразуване с Дуални Дървета (2D DT DWT), въведено от Ник Кингсбъри през 1998 г. За сравнение на подобие между двойка изображения са избрани класическата базова метрика на Евклид и тази на Хаусдорф. Последната притежава висока точност на определяне на подобие при сравнително ниска изчислителна сложност по отношение на други известни метрики, като тези на Хеминг, Минковски, Камбера, Кулбак-Лайбнер, Кендъл, Махаланобис, Бхатачария, коефициенти на Жакард, Тонимото, и др. Определени са изчислителната сложност на новите алгоритми и времето за изпълнението им, използвани правилно като един от основните фактори за оценка на тяхната ефективност. От всичко казано следва, че

избраната методика за изследване, основана на 2D DT DWT, метриците на Евклид и Хаусдорф и оценка на изчислителната сложност на алгоритмите, съответства на поставените обща цел и задачи на дисертационния труд.

#### **4. Кратка аналитична характеристика на естеството и оценка на достоверността на материала, върху който се градят приносите на дисертационния труд**

Представеният дисертационен труд съдържа 178 стр., разделени на 5 глави, и едно приложение. В него е представен сравнителен анализ и класификация по различни критерии на основните методи и алгоритми за извличане на изображения по съдържание от БД. Във *втора глава* на дисертацията в съответствие с поставените задачи и изводите от аналитичния обзор в първа глава е предложен нов подход за извличане по съдържание на изображения от БД чрез двумерното DT DWT въз основа на количеството на информация в подлентата на апроксимиращите коефициенти - компоненти на признаковите вектори. Изведени са математически изрази за определяне на ентропията на тези коефициенти и броя на операциите за тяхното изчисляване. Тези изрази позволяват при зададено време за изпълнение на съответните алгоритми да се определи нивото на уейвлетната декомпозиция, в което броят на апроксимиращите коефициенти с най-голяма енергия е минимален. В *трета глава* е определено времето за изчисляване на признаковите вектори, използвани в предложените 2D DT DWT алгоритми за извличане на изображения по съдържание от БД чрез глобални признаци въз основа на разстоянията на Евклид и Хаусдорф. На базата на извършените симулационни изследвания с тестови изображения от БД на Уонг, съдържаща 1000 изображения в 10 тематични групи, са оценени ефективността на съответните алгоритми, базирани на избраните два вида разстояния между признаковите вектори. В *четвърта глава* са описани разработените CBIR алгоритми въз основа на 2D DT DWT чрез използване на локални признаци, аналогични на тези в трета глава, които обаче се отнасят за всяко под-изображение, получено в резултат от разделяне на цялото изображение. Представените експериментални резултати от изследването на новите алгоритми показват по-високата им точност в сравнение с тези, използващи глобални признаци, за сметка на увеличаване на времето за тяхното изпълнение. Не е коментиран въпроса относно влиянието на размерите на под-изображенията върху ефективността на предложените алгоритми. *Пета глава* съдържа резултатите от направените сравнения между разработените CBIR

алгоритми и известните най-близки въз основа на тяхната ефективност и производителност. Последната е определена въз основа на средноаритметичното време за извличане на признаци, представени от коефициентите в зададено ниво на уейвлетна трансформация, и времето за определяне на сходство между двойка изображения. Дисертацията е добре структурирана и много старателно оформена по отношение на представените таблици, графики и блокови схеми на разработените алгоритми.

#### **5. Научни и/или научноприложни приноси на дисертационния труд**

*Научен принос* на дисертацията представляват изведените математически изрази за определяне на ентропията на апроксимиращите коефициенти във всяко ниво на декомпозицията на изображението чрез 2D DT DWT и за определяне на броя операции, необходими за тяхното изчисляване. Получените изрази (2.13)-(2.21), (2.35)-(2.39) и (2.41)-(2.50) позволяват при зададено време за изпълнение на съответните алгоритми да се определи нивото на декомпозиция, в което с минимален брой апроксимиращи коефициенти се запазва основната част от енергията на всички коефициенти в нивото. Значимостта на този принос се определя от това, че се открива възможността за адаптивен избор на нивото на декомпозиция, в което при минимална дължина на признаковите вектори се осигурява висока точност на извлечените спрямо заявката изображения от БД.

*Научноприложните приноси* в дисертацията могат да се обобщят по следния начин:

- направени са класификации по различни критерии на основните детерминирани методи и алгоритми, използвани в CBIR системите;
- разработени са CBIR алгоритми за извличане на минимален брой глобални или локални признаци чрез 2D DT DWT, основани на апроксимиращите коефициенти с голяма енергия в адаптивно избрано ниво на декомпозиция на цялото изображение или на всяко от неговите под-изображения. За оценка на сходството между всяка двойка изображения или под-изображения са избрани метриците на Евклид и Хаусдорф;
- извършен е сравнителен анализ на базата на времената за извличане и точността на създадените алгоритми с адаптивен избор на нивото на декомпозиция спрямо други известни алгоритми, основани напр. на локални хистограми, среден сегмент, цветови момент, Реална Дискретна Уейвлетна Трансформация с Дуални Дървета (R-DT-DWT), Complex DT-DWT, Curvelet Transform, и др. Получените експериментални резултати показват по-високата ефективност на предложения подход;

- изпълнена е програмна реализация на всички разработени CBIR алгоритми въз основа на софтуера за инженерни изчисления Matlab R 2008b.

#### **6. Оценка за степента на личното участие на дисертанта в приносите**

Не съм запознат с работата на докторантката по време на разработването на нейната дисертация. Затова моята оценка за нейното лично участие в нея се основава само на представения списък публикации по темата на дисертацията. От него се вижда нейното лично участие в тях: тя има 1 самостоятелна публикация, 7 публикации са с 1 съавтор, и 1 публикация е с 2 съавтора (един от които е нейния научен ръководител). От тук следва, че коефициентът за оценка на приведения брой на нейните самостоятелни публикации е 4.83. Според този коефициент степента на лично участие на докторантката във всички публикации е достатъчно голямо – то надвишава 53 %.

#### **7. Преценка на публикациите по дисертационния труд:**

Направените 9 публикации по дисертационния труд са в периода 2014 - 2018 г. и всички са на английски език: 7 от тях са доклади, представени на международни научни конференции, 5 от които са индексирани в ISI, ELSEVIER, SCOPUS, ACM и др., и 1 - в базите IEEE Xplore, ISI Thomson's, SCOPUS, ACM, и др. Една публикация е статия в нашето научно списание „Journal Electrotechnics and Electronics“. Посочените трудове по брой и място на публикуване покриват изцяло изискванията за придобиване на образователната и научна степен „Доктор“. До сега не са представени цитирания на посочените 9 публикации в публикации на други автори у нас и в чужбина.

#### **8. Използване на резултатите от дисертацията в научната и социалната практика**

Няма представени документи за постигнат пряк икономически ефект от използването на резултатите от дисертацията в научната и социалната практика.

**9. Авторефератът** съответства напълно на изискванията на ТУ-София за изготвянето му и отразява адекватно съдържанието на дисертационния труд, основните положения в него и получените научни и научноприложни приноси.

#### **10. Мнения, препоръки и бележки**

Рецензентът беше подготвил становище за предварително обсъждане на труда на катедрено заседание. Списъкът от въпроси и забележки, даден в това предварително становище, е отчетен в окончателния текст, обект на настоящата рецензия. По отношение на последната версия на дисертацията имам следните бележки, въпроси и препоръки:

- На стр. 69 (в гл. 2) се посочва, че изразите (2.55) и (2.59) за изчислителна сложност на операциите за намиране на разстоянието между 2 изображения по Евклид и по Хаусдорф са време за тяхното изпълнение. За да се изчисли това време, обаче, трябва преди това да се определят времената за изпълнение на всяка базова операция сумиране, умножение и коренуване на реални числа в зададен формат, които зависят от използваните компютърна конфигурация и операционна система. Връзката между изчислителната сложност и времето за изпълнение на операциите за сравнение между 2 изображения е дадена едва в следващата 3-та глава чрез изразите (3.19) и (3.21);

- Резултатите на фиг. 3.18-3.20 и фиг. 3.22-3.28 можеха да бъдат по-убедителни, ако под всяко извлечено изображение от БД беше дадена числената стойност на неговото разстояние до изображението-заявка;

- Доколко предложеният подход е универсален и може да бъде конкурентен в конкретни области на приложение, като напр. в системи за търсене на лица на хора в БДИ, системи за медицинска диагностика, основани на БД с медицински изображения, и т.н.

- Препоръчвам бъдещата работата по темата на дисертацията да продължи в следните направления: 1) анализ и оценка на инвариантността на предложените глобални признаци по отношение на ротация, трансляция, мащабни преобразувания и изменение на контраста на обектите в изображенията-заявки; 2) разширяване на предложените алгоритми за търсене по съдържание в БД и на цветни изображения; 3) сравняване на получените резултати с тези, основани на използване в CBIR системите на различни видове невронни мрежи с дълбоко обучение.

## II. Заключение

Представеният за рецензиране труд предлага интересни нови решения в една актуална и много сложна област на CBIR системите. Получените научни и научноприложни приноси, експериментални резултати, публикации по темата на дисертацията и тяхната значимост са достатъчно основание за присъждане на ОНС „Доктор“ на маг. инж. Стела Ветова-Иванова. За това предлагам на уважаемите членове на Научното жури да се присъединят към моята положителна оценка и да гласуват с „ДА“.

01.02.2019 г.

РЕЦЕНЗЕНТ:

/проф. д.т.н. Р. Кунчев/