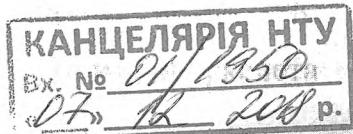


ВІДГУК
офіційного опонента на дисертацію
МОЛЧАНОВОЇ ВІРИ СЕРГІЙНИ
на тему:
**«КОМПЛЕКС МЕТОДІВ ПОПЕРЕДНЬОЇ ОБРОБКИ І ВЕКТОРИЗАЦІЇ
РАСТРОВИХ ФОРМАТІВ КОНТУРІВ ДЕТАЛЕЙ
МАШИНОБУДІВЕЛЬНИХ КРЕСЛЕНЬ»,**
яка подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології

Актуальність теми дисертаційної роботи обґрунтована досить переконливо. Автором зазначено, що завдяки впровадженню комп’ютерних технологій у роботу з конструкторською документацією значно підвищується конкурентоспроможність промислових підприємств України. Значна частина існуючих креслень досі представлена тільки на папері. Такий спосіб зберігання креслень призводить до подорожчання їх тиражування, розповсюдження та зберігання. Окремою проблемою стає питання їх редагування і доопрацювання. Растроvi копiї креслень можуть бути отриманi шляхом сканування або фотографування паперових оригiналiв, однак для їх повноцiнного редагування необхiднi векторнi зображення у форматах, що пiдтримуються сучасними CAD-системами. Векторне зображення може бути отримано з раstroвого шляхом його попередньої обробки з метою позбавлення вiд будь-яких спотворень, монохроматизацiї, отримання скелета вихiдного контуру i власне векторизацiї.

У роботi багато уваги надано аналiзу iснуючих класичних методiв обробки зображень на кожному з етапiв їх растр-векторної трансформацiї. Їх багатоманiтнiсть свiдчить про актуальнiсть задачi обробки зображень у цiому, а вiдсутнiсть методiв, адаптованих пiд специфiчнi особливостi зображень креслень, показує доцiльнiсть розробки комплексу методiв попередньої обробки i векторизацiї растроvих форматiв контурiв деталей



машинобудівних креслень. Окремо автором розглянуті роботи, присвячені растр-векторній трансформації інженерних креслень. Однак, як правило, вони розглядають окрім аспекті процесу трансформації, а не комплексно весь процес від початку до кінця. Проведений аналіз підтверджує актуальність поставленої задачі.

Тема дисертації пов'язана з виконанням науково-дослідних робіт кафедри інформатики ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»: «Розробка методу векторизації примітивів растроївих зображень технічних креслень»» (номер державної реєстрації 0215U00095).

Це підкреслює практичне значення дисертаційної роботи.

Основний зміст роботи викладено в чотирьох розділах дисертації та у висновках.

Перший розділ присвячено аналізу особливостей растроївих зображень креслень деталей та можливості використання класичних методів фільтрації, бінаризації, скелетизації, векторизації із точки зору їх практичної ефективності.

Автором проведено аналіз та зазначено, що існуючі методи розв'язання задачі растр-векторного перетворення зображень не враховують специфіки креслень деталей. Зазвичай, отриманий результат має зовнішню схожість з оригіналом, але не є придатним до подальшого редагування засобами CAD-систем. Причина цього полягає в тому, що при використанні класичних методів на етапах попередньої обробки втрачаються дрібні деталі контуру, що призводить до порушення його структурної цілісності. Класичні методи векторизації, зазвичай, засновані на уявленні еліпсів довільної орієнтації та їх дуг у вигляді композиції відрізків прямих або сплайну, невідповідно втрачаючи таким чином геометричні характеристики вихідної фігури.

Запропоновано структурно-лінгвістичний підхід до векторизації растроївих об'єктів із метою забезпечення розпізнавання та параметризації довільно-зорієнтованих типових примітивів у топологічно-складних контурах

деталей. Стосовно адаптації існуючих методів попередньої обробки зображень до специфіки креслень запропоновано:

- модифікування і комплексування існуючих методів підвищення об'єктивної якості півтонових та бінарних зображень, а також методів бінаризації з метою урахування специфіки характеристик яскравості креслень деталей на різних носіях і збереження цілісності контурів деталей;
- покращення методів топологічної скелетизації із метою корекції типових спотворень скелетів.

У другому розділі запропоновано комплекс методів попередньої обробки растрових зображень креслень деталей.

Автором показано, що мета фільтрації зображень креслень не тільки в усуненні шуму та спотворень, а й у підвищенні розрізненості великих і малих фрагментів зображення без втрати структурних особливостей примітивів контуру деталі. Запропонований у дисертації метод передбачає збільшення чіткості зображення з метою підвищення локальної розрізненості малорозмірних примітивів контуру деталі, розмиття цифрового шуму σ-фільтрацією та подальше пригнічення послабленого шуму шляхом ітеративного контрастування зображення. Автором запропоновано критерій оцінки підвищення якості зображення на основі ітеративної оптимізації значень метрик PSNR, CNR та SSIM. Його використання забезпечує адаптивність комплексу методів фільтрації зображень креслень деталей до інтенсивності шуму.

Доцільність бінаризації зображень креслень пояснюється тим, що обробка бінарного зображення потребує значно менших обчислювальних ресурсів, а класифікація його точок на контурні й фонові простіша з точки зору теоретичної складності застосовуваних методів. На основі аналізу типових форм гістограм яскравості фільтрованих напівтонових зображень креслень деталей, пропонується двох-стадійна схема їх бінаризації. На етапі глобальної бінаризації гістограма яскравості секціонується на зону тіні, зони світла та інтервал невизначеності. Подальший інтерес уявляє лише інтервал

невизначеності. Належність точок, яскравість яких знаходиться в інтервалі невизначеності, до фону або контуру визначається шляхом додаткового аналізу точок їх локальних околиць. До формули оцінки нижнього, верхнього та локального порогів бінаризації автором введено додатковий коефіцієнт α , що дозволяє змінювати чутливість методу до тональності фону зображення креслення деталі на трьох рівномовірних носіях («синька», калька, ватман).

Усунення остаточних бінарних спотворень у контурах деталей без втрати їх малорозмірних примітивів досягається застосуванням розробленого комплексу апертурних просторових методів: методу контурних масок та методу усунення контурних спотворень. Ці методи видаляють окремі конгломерати чорних точок на фоні, чорну бахрому біля контуру деталі та білу бахрому у контурі деталі.

Доцільність скелетизації бінарних креслень пояснюється суттєвим спрощенням методів векторизації для контурів одиничної товщини. Автором проаналізовано причини виникнення типових викривлень скелету при скелетизації контуру базовими топологічними методами. Прикладами таких викривлень є спотворення в околицях вершин кутів скелету, порушення зв'язності скелету, викривлення областей перетину геометричних примітивів скелету. З метою забезпечення гомотопності скелета контуру запропоновано двоетапну схему усунення спотворень скелету та комплекс методів коригування топології скелету.

Третій розділ присвячено опису комплексу розроблених методів векторизації скелетизованих бінарних зображень контурів деталей. Мета векторизації полягає в растр-векторному перетворенні, при якому результатуючий векторний контур є композицією вектор-контурів геометричних примітивів зі збереженням їх топології та зв'язності.

Автором запропоновано оригінальну ідею уявлення топологічно-складних контурів деталей у вигляді зорієнтованого зваженого графу та структурно-лінгвістичний метод розпізнавання та параметризації примітивів у контурах деталей. У купі з запропонованої ідеєю бісекціонування складних

композицій примітивів у сегментах контуру таких підхід дозволяє достовірно розпізнавати та параметризовувати контури, що утворені композицією відрізків прямих, кіл, еліпсів, дуг еліпсів довільної орієнтації. Оскільки одним із важливих параметрів геометричних примітивів, що визначають гомотопність векторного образу растроvuому бінарному контуру, є його товщина, автором запропоновано оригінальний статистичний метод оцінки товщини примітивів різних типів.

Для оцінки достовірності та ефективності розробленого у дисертації комплексу методів попередньої обробки і векторизації раstrovих зображень креслень автором використані загальноприйняті метрики: MSE, PSNR, UIQI, SSIM, PRECISION, RECALL, F-MEASURE, ACCURACY, PCRE. Результати та методика проведення експериментів щодо дослідження ефективності запропонованих методів описані у *четвертому розділі*.

Для тестування методів попередньої обробки та векторизації раstrovих зображень креслень використано випадкову вибірку з 40 зображень. Автором доведена репрезентативність цієї вибірки в умовах проведення експерименту. Слід відзначити, що автором розроблено спеціалізований програмний комплекс, у якому реалізовано всі запропоновані в дисертації методи, а також типові альтернативні методи, застосування яких для розв'язання розглянутих задач у подібних предметних областях є загальновизнаним і ефективним. Проведений порівняльний аналіз результатів альтернативних методів обробки зображень та запропонованих у дисертації методів показів ефективність та достовірність останніх.

За результатами теоретичних і експериментальних досліджень зроблено 7 висновків. Всі вони логічно витікають з матеріалів дисертації та вірно відображають результати досліджень

Наукова новизна результатів досліджень визначена в дисертації та авторефераті. Тому одержані автором і винесені на захист основні положення мають всі ознаки наукової новизни, найбільш вагомими з яких є:

- запропоновано набір коригувальних масок та правила прийняття рішень щодо усунення структурних спотворень скелетів контурів деталей;
- запропоновано модель скелету контуру деталі у вигляді зорієнтованого зваженого графа; вершинами графа виступають характеристичні точки скелета контуру, які визначаються за допомогою розробленого набору шаблонів, а ребрами – сегменти геометричних примітивів скелета, ваги яких визначаються параметрами примітивів;
- розроблено метод розпізнавання та параметризації геометричних примітивів контуру деталі, що здійснюється на основі вперше сформульованих правил синтаксичного аналізу ребр графа, кодованих ланцюговими Фрімен-кодами;
- удосконалено метод усунення залишкового шуму у бінарних зображеннях креслень деталей на основі просторово-апертурної фільтрації зображення розробленими масками сепарації контуру і фону.

Практичне значення мають розроблені в дисертаційному дослідженні методи та алгоритми, які зорієнтовані на використання в автоматизованих системах інженерного документообігу, і дозволяють промисловим підприємствам підвищити ефективність растр-векторного перетворення зображень креслень для їх зберігання, тиражування та подальшого редагування.

Достовірність отриманих результатів забезпечена застосуванням сучасних теоретичних та практичних положень, логічно викладених та науковообґрунтованих. Методологія роботи ґрунтується на наукових результатах вітчизняних та зарубіжних дослідників з питань обробки та векторизації растрових зображень.

В ході дослідження використані фундаментальні положення теорії обробки зображень і комплекс взаємодоповнюючих загальнонаукових і спеціальних методів аналізу, синтезу та методів математичної статистики. Такий підхід є науковообґрунтовним, а отримані висновки дозволили

розробити інформаційну технологію растр-векторного перетворення зображень креслень.

Впровадження результатів досліджень. Запропоновані у роботі методи та підходи до обробки зображень креслень було реалізовано в системі автоматизованої конвертації раstralovих зображень технічних креслень у формат AUTOCAD, окрім модулі якої впроваджено на промислових підприємствах м. Маріуполь ТОВ «АГ Сталь» (акт впровадження від 08.10.2014) та ПАТ «Азовзагальмаш» (акт впровадження від 31.03.2015). Розроблені теоретичні положення обробки зображень використані при розробці програм з дисциплін: «Обчислювальна геометрія і комп’ютерна графіка» підготовки бакалаврів за напрямом 6.040302 «Інформатика», «Системи штучного інтелекту» підготовки магістрів за спеціальністю 122 «Комп’ютерні науки та інформаційні технології» на кафедрі інформатики ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет» (довідка про впровадження від 03.10.2017).

За результатами досліджень опубліковано 23 наукові праці, загальним обсягом 8,75 умовних друк. арк., із яких 5 - у спеціалізованих виданнях, 5 – у виданнях, цитованих у науково-метричних базах Web of Science, Index Copernicus, РІНЦ та ін. і 13 – праць апробаційного характеру.

Відповідність змісту автореферату основним науковим положенням дисертації. Автореферат Молчанової В. С. ідентичний змісту самої дисертаційної роботи та відповідає всім вимогам ДАК. Автореферат представлено на 20 сторінках.

Обсяг та структура дисертації відповідає вимогам, які пред'являються до кандидатських дисертацій. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг роботи –260 сторінок друкованого тексту, у тому числі 65 рисунків, 9 таблиць. Список використаних джерел містить 149 найменувань на 15 сторінках. Основний текст дисертації викладено на 171 сторінці.

Робота має оглядову, теоретичну, експериментальну і практичну складові, які є достатньо повними і послідовно обґрунтованими.

Дисертація написана технічно грамотно і оформлена згідно до вимог.

Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертаційної роботи:

При загальній позитивній оцінці дисертаційної роботи, слід також зробити наступні зауваження та відмітити окремі недоліки дисертаційної роботи:

1. У розділ 1 доцільно було б додати окремий підрозділ, у якому проаналізувати варіанти вибору послідовності етапів попередньої обробки зображень креслень в ході їх растр-векторної трансформації.
2. В дисертаційній роботі (підрозділ 1.6) доцільно було б приділити більше уваги обґрунтуванню вибору 8-зв'язного ланцюгового кодування за Фріменом, як методу кодування графу сегментів контуру.
3. З тексту дисертаційної роботи (стор. 70) не зрозуміло як налаштовуються параметри фільтрації у відповідності до виду та розподілу шуму на зображенні.
4. Підрозділ 2.2 «Комплекс методів бінаризації растрових кольорових напівтонових фільтрованих зображень креслень» перевантажений методами бінарної фільтрації. Доцільно було б ці методи описати у окремому підрозділі.
5. Параметризація еліпсу (дуги еліпсу) виконується на основі інформації про його фокуси (стор. 133-135). Це можливо тільки для дуг, що охоплюють більшу напівось еліпсу. Не зрозуміло, як параметризуються дуги, які охоплюють лише меншу напівось.
6. В тексті підрозділу 4.3 «Дослідження достовірності та ефективності комплексу методів усунення спотворень растрових кольорових напівтонових зображень креслень деталей» не надано пояснень щодо розрахунку метрик оцінки якості запропонованих та альтернативних методів за кожним з

кольорових каналів. Результати експериментів наведено лише для зображень у градаціях сірого.

Втім зазначені недоліки не знижують цінності представленої дисертаційної роботи.

Загальний висновок.

1. Дисертація є закінченою науковою працею, яка виконана з використанням сучасних методів досліджень, містить наукову новизну, щодо розробки комплексів методів растр-векторної трансформації зображень машинобудівельних креслень.

2. Дисертація відповідає спеціальності 05.13.06 – Інформаційні технології.

3. Автореферат та публікації досить повно відображають зміст та основні результати виконаних досліджень.

4. Зміст автореферату та дисертаційної роботи ідентичні.

5. Наданий в дисертації матеріал по важливості та актуальності, науковій новизні і практичній цінності, обсягу та глибині досліджень, наявності реального впровадження відповідає вимогам, які висуваються до кандидатських дисертацій (п.п. 9, 11, 12, 13 «Порядок присудження наукових ступенів», затвердженого постановою КМУ № 567 від 24.07.2013 р. (зі змінами занесеними згідно з постановами КМУ № 656 від 19.08.2015 р. та № 1159 від 30.12.2015 р), а автор Молчанова Віра Сергіївна заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – Інформаційні технології.

Офіційний опонент
кандидат технічних наук, доцент
в.о. завідувача кафедри
комп’ютерних технологій
Донецького національного університету
імені Василя Стуса



К. В. Меркулова

