

Голові спеціалізованої вченої ради
Д 26.059.01 Національного
транспортного університету

01010, м.Київ, вул. М. Омеляновича-
Павленка, 1

ВІДГУК

офіційного опонента

начальника науково-дослідного відділу (автоматизованих систем управління командних пунктів оперативного та оперативно-стратегічного рівня Повітряних Сил) наукового центру Повітряних Сил Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба доктора технічних наук старшого наукового співробітника Олізаренко Сергія Анатолійовича на дисертаційну роботу Молчанової Віри Сергіївни на тему "Комплекс методів попередньої обробки і векторизації растрових форматів контурів деталей машинобудівельних креслень", подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології

Актуальність теми дисертаційної роботи, зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. На даний час однією із важливих задач у галузі інформаційних технологій є задача підвищення якості попередньої обробки і векторизації растрових зображень контурів деталей. Незважаючи на автоматизацію майже всіх сфер промисловості України, досі у паперових архівах зберігається багато інженерно-технічних зображень, серед яких, більшу частину складають паперові креслення. Впровадження інформаційних технологій в роботу з архівами конструкторської документації дозволяє підвищити конкурентоспроможність машинобудівельних підприємств України. Однак це вимагає оцифрування креслень з паперових носіїв. Для здійснення цього процесу недостатньо



створити електронну копію паперового креслення шляхом сканування або фотографування. Важливою є можливість подальшого аналізу і редагування отриманих зображень. Це вимагає розробки математичних моделей і методів поетапної трансформації креслень з паперових носіїв у відповідні їм електронні образи. Таким чином, задача розробки комплексу методів перетворення зображень креслень, представлених на паперових носіях, у формат, придатний для обробки сучасними системами автоматизованого проектування, на сьогоднішній день актуальна та економічно виправдана.

Останнім часом проведена значна кількість досліджень, як у галузі машинної графіки в цілому, так й саме в напрямку розв'язання задачі растр-векторної трансформації технічних креслень. Перші присвячено загальнотеоретичним методам обробки зображень і не враховують специфіку, що властива растровим зображенням креслень. Другі - розглядають лише окремі етапи растр-векторної трансформації зображень креслень. Вони, як правило, вимагають високої якості вихідних даних, спосіб отримання яких не ясен. Таким чином задача розробки комплексу спеціалізованих методів попередньої обробки і векторизації растрових зображень креслень є важливою і не вирішеною, а тема дисертаційного дослідження Молчанової В.С. "Комплекс методів попередньої обробки і векторизації растрових форматів контурів деталей машинобудівельних креслень" є актуальною.

Відображені в дисертації результати досліджень були використані в плановій науково-дослідній роботі кафедри інформатики ДВНЗ "Приазовський державний технічний університет": "Розробка методу векторизації примітивів растрових зображень технічних креслень" (номер державної реєстрації 0215U00095).

Наукова новизна результатів дисертаційної роботи. Наукова новизна отриманих результатів обумовлена теоретичним узагальненням и новим рішенням важливого наукового завдання, що полягає у розробці

комплексу методів попередньої обробки і векторизації растрових форматів контурів деталей в автоматизованій системі інженерного документообігу.

У дисертаційній роботі Молчанова В.С. отримала наступні основні науков-обґрунтовані результати:

- 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;
- розроблено метод розпізнавання та параметризації геометричних примітивів контура деталі, що здійснюється на основі вперше сформульованих правил синтаксичного аналізу ребр графа, кодованих ланцюговими Фрімен-кодами; у випадку композицій примітивів у сегменті аналіз ребр графа виконується із застосуванням запропонованої методики їх рекурсивного бісекціонування;
- удосконалено метод усунення залишкового шуму у бінарних зображеннях креслень деталей на основі просторово-апертурної фільтрації зображення розробленими масками сепарації контуру і фону;
- набули подальшого розвитку метод підвищення чіткості контуру деталі за рахунок компенсації спотворень малорозмірних примітивів, шляхом розрідження ядр фільтрів підвищення чіткості з адаптацією виду і радіусу розрідження їх ядр, а також двостадійний метод бінаризації растрових кольорових півтонових зображень креслень деталей.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформованих у дисертації. На підставі аналізу дисертаційної роботи Молчанової В.С. можна зробити висновок, що наукові положення та висновки, що сформульовані, є повними і впливають з її змісту та відображають отримані автором нові результати. Достовірність та обґрунтованість наукових результатів підтверджена апробацією основних положень на науково-практичних конференціях, публікаціями у наукових

виданнях та впровадженні на практиці розробленого комплексу методів попередньої обробки та векторизації растрових форматів контурів деталей, що зорієнтовано на використання в автоматизованих системах інженерного документообігу. Рекомендації щодо використання результатів дисертації в достатній мірі обґрунтовані теоретичними та практичними дослідженнями, які були проведені на високому науковому та методологічному рівнях, і повністю висвітлюють теоретичний та прикладний характер роботи. Обґрунтованість та достовірність наукових результатів забезпечується коректною постановкою задач. Практична значущість отриманих результатів підтверджена актами впровадження.

Практичне значення наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації. Практична цінність отриманих результатів та розроблених методів полягає у тому, що теоретичні положення було доведено до рівня методик та алгоритмів, які дозволили підвищити якість трансформації растрових зображень машинобудівельних креслень деталей у векторний формат для подальшого використання в автоматизованих системах інженерного документообігу. Запропоновані в дисертаційній роботі методи поетапної растр-векторної трансформації зображень креслень деталей були впроваджені на промислових підприємствах м. Маріуполь ТОВ “АГ Сталь” та ПАО “Азовзагальмаш”.

Запропоновані у дисертації теоретичні і прикладні аспекти усунення напівтонових і бінарних спотворень зображень, бінаризації напівтонових кольорових зображень використані при розробці програми з дисципліни “Обчислювальна геометрія і комп’ютерна графіка” підготовки бакалаврів за напрямом 6.040302 “Інформатика”, а теоретичні і прикладні аспекти векторизації бінарних растрових скелетів контурів – при розробці програми з дисципліни “Системи штучного інтелекту” підготовки магістрів за спеціальністю 122 “Комп’ютерні науки та інформаційні технології” на

кафедрі інформатики ДВНЗ “Приазовський державний технічний університет”.

Аналіз змісту дисертаційного дослідження

У вступі розкрито актуальність теми дисертаційного дослідження; показано зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами; сформульовано мету, задачі, об'єкт і предмет дослідження; визначено методи дослідження; розкрито наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, а також наведено інформацію про їх апробацію та впровадження.

У першому розділі розкрито теоретичну сутність задачі, що розв'язується у роботі. Проведено аналіз існуючих методів растр-векторного перетворення зображень із точки зору їх теоретичної адекватності предметній області та практичної ефективності. Показано, що ці методи не враховують специфіку зображень креслень. Це призводить до втрати структурних особливостей контуру і зберігання у результуючому векторному образі лише зовнішньої схожості з оригіналом. На підставі аналізу специфіки кожного етапу растр-векторної трансформації креслень деталей обрано найбільш перспективні напрямки розвитку та удосконалення існуючих методів попередньої обробки растрових зображень, внесено пропозиції щодо розробки методу векторизації контурів креслень. Висновки до першого розділу є логічними і містять достатню базу до подальших наукових досліджень.

Другий розділ дисертаційної роботи присвячено опису комплексу методів попередньої обробки зображень креслень деталей. Розглянуто пропозиції розвитку і модифікації методів фільтрації, бінаризації і скелетизації.

На основі досліджень автором визначено особливості яскравості, притаманні контурно-штриховому стилю зображень креслень і можливі види півтонових та бінарних спотворень. Додатковим обмеженням задачі є

необхідність зберігання корисного сигналу у вигляді малорозмірних примітивів і тонких ліній контуру деталі.

Автором запропоновано модель і комплекс методів усунення спотворень растрового півтонового зображення креслення деталі, що включають: метод компенсації спотворень малорозмірних примітивів; гібридний адаптивний метод пригнічення напівтонових спотворень, який зберігає топологію контуру деталі. Автором запропоновано двостадійну схему бінаризації, що на першій стадії передбачає оцінку верхнього і нижнього глобальних порогів бінаризації і сегментування на їх основі гістограми яскравості на зону тіні, зону світла та інтервал невизначеності.

Видалення остаточних спотворень у вигляді фонових конгломератів чорних точок, а також чорної бахроми навколо контуру деталі і білої бахроми усередині контуру деталі досягається застосуванням комплексу розроблених апертурних просторових методів бінарної фільтрації: методу контурних масок і методу усунення контурних спотворень.

Застосування запропонованого комплексу методів попередньої обробки зображень забезпечує гомотопне перетворення півтонового зображення креслення деталі у топологічно подібний до нього бінарний скелет.

Третій розділ дисертаційної роботи присвячено опису комплексу розроблених методів векторизації скелетизованих бінарних зображень контурів деталей. Автором розроблено комплекс методів, що дозволяє достовірно розпізнавати лінії, кола, дуги кіл, еліпси і дуги еліпсів довільної орієнтації, що утворюють топологічно-складні контури деталей.

Запропоновано моделювання скелета контуру деталі у вигляді зорієнтованого зваженого графа, вершинами якого є точки перетину примітивів, ребрами - примітиви, вага ребра відображає ймовірність відповідності примітиву базовим типам примітивів. Такий підхід збільшує вірогідність розпізнавання примітивів у контурі, а також спрощує процес сегментації скелету і оптимізації результуючого векторного контуру.

Розпізнавання ребр графа, як геометричних примітивів, передбачає синтаксичний аналіз слів, що утворені символами Фрімен-кодів під час їх обходу, на підставі вперше сформульованих автором правил структурно-лінгвістичної відповідності базовим типам примітивів. Далі розраховуються геометричні параметри, набір яких є індивідуальним для кожного типу примітивів.

У четвертому розділі наведено результати тестування розробленого комплексу методів попередньої обробки і векторизації растрових форматів контурів деталей машинобудівельних креслень на репрезентативній випадковій вибірці зображень. В якості критеріїв оцінки і порівняння ефективності класичних методів обробки зображень контурів креслень та методів, запропонованих у дисертації використовувалися загальноприйняті показники якості: MSE, PSNR, UIQI, SSIM, Recall, Precision, F-measure, Ассигасу; а також специфічний критерій PCRE (розпізнавання типів примітивів для відрізків, кіл, еліпсів і дуг еліпсів довільної орієнтації). Виконаний автором порівняльний статистичний аналіз результатів, показав їх загальне поліпшення на кожному етапі растр-векторної трансформації креслень. Це підтверджує достовірність і ефективність розробленого комплексу методів.

Відповідність змісту автореферату основним науковим положенням дисертації. Основні наукові положення, висновки, рекомендації та інші результати дисертаційного дослідження Молчанової В. С. достатньо повно відображені у авторефераті. Автореферат дисертації ідентичний змісту самої дисертаційної роботи та відповідає всім вимогам, що висуваються до наукових праць відповідного рівня.

Повнота викладу основних результатів дисертації в наукових фахових виданнях із врахуванням встановлених вимог. Основні положення й результати дисертаційного дослідження опубліковано в 23

працях, із яких: 5 статей у наукових фахових виданнях України, 5 статей у виданнях, цитованих у науково-метричних базах Web of Science, Index Copernicus, РІНЦ та ін., 13 праць апробаційного характеру. Аналіз публікацій Молчанової В. С. свідчить, що вони достатньо повно висвітлюють як зміст роботи, так і основні наукові результати, отримані в дисертації. В дисертації та авторефераті зазначено особистий внесок автора у статтях, що опубліковані у співавторстві.

Значущість висновків здобувача для науки і практики, можливі конкретні шляхи використання результатів дослідження. Розроблені та описані у дисертаційній роботі Молчанової В.С. методи попередньої обробки і векторизації растрових форматів контурів деталей машинобудівельних креслень уявляють собою інформаційну технологію, характерною рисою якої є спеціалізація на предметну область і комплексність рішень на всіх етапах растр-векторного перетворення зображень креслень деталей. Висновки та рекомендації мають значущість для науки та практики обробки зображень та машинного зору.

Зауваження до дисертаційної роботи та автореферату.

1. У першому розділі п.1.3-1.5 дисертанткою дещо забагато уваги приділено аналізу підходів до фільтрації, бінаризації і скелетизації, що не використовувалися при розробці запропонованого у дисертації комплексу методів попередньої обробки зображень контурів креслень.

2. Автору доцільно було більш детально описати процес вибору ядер фільтрів підвищення чіткості (стор. 55-56) для адаптації методу компенсації спотворень малорозмірних примітивів при підвищенні чіткості контуру деталі до індивідуальних характеристик зображень креслень деталей.

3. У другому розділі п.2.2 (стор.88-89) при описі методу усунення контурних спотворень відсутнє тлумачення параметрів d_1 та d_2 , що ускладнює розуміння формул (2.28) та (2.29).

4. У третьому розділі п. 3.8 необхідно більш детально уточнити умови, за якими контур або його фрагмент, апроксимуються B-сплайном.

5. Відносно до опису методики проведення експерименту в розділі 4.2 зазначено, що для кількісної оцінки результатів аналізованих методів фільтрації, бінаризації, скелетизації та векторизації використані метрики: MSE, PSNR, UIQI, SSIM, PRECISION, RECALL, F-MEASURE, ACCURACY, PCRE (стор. 155). Однак у розділах 4.3-4.6 і додатку В, присвячених дослідженням достовірності та ефективності запропонованого комплексу методів не кожен метод оцінюється повним набором метрик. Наприклад, для оцінки достовірності та ефективності комплексу методів усунення спотворень растрових кольорових півтонових зображень креслень деталей (стор. 155-157) не використовувалися метрики PRECISION, RECALL, F-MEASURE, ACCURACY, PCRE.

6. Дисертація перевантажена великою кількістю умовних позначень і символів у математичних формулах, які, на мою думку, варто було подати у вигляді окремого структурного елементу дисертації “Перелік умовних позначень, символів, одиниць вимірювання, скорочень”.

Незважаючи на наведені зауваження, дисертаційне дослідження в цілому створює, позитивне враження, а представлені зауваження не знижують наукової новизни та практичного значення дослідження.

Відповідність дисертації встановленим вимогам і загальні висновки. Дисертаційна робота Молчанової В. С. “Комплекс методів попередньої обробки і векторизації растрових форматів контурів деталей машинобудівельних креслень”, що подана до захисту на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології, виконана на актуальну тему, є самостійним і завершеним науковим дослідженням, в якому отримані нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують кокрентне наукове завдання розробки комплексу методів попередньої обробки і векторизації растрових

форматів контурів деталей в автоматизованій системі інженерного документообігу.

За рівнем виконання дисертаційна робота відповідає вимогам до кандидатських дисертацій, що зазначені у пп. 9, 11, 12, 13 “Порядку присудження наукових ступенів”, а її автор, Молчанова Віра Сергіївна, заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології.

Відгук склав офіційний опонент:

Начальник науково-дослідного відділу (автоматизованих систем управління командних пунктів оперативного та оперативно-стратегічного рівня Повітряних Сил) наукового центру Повітряних Сил Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
доктор технічних наук, старший науковий співробітник



С. А. ОЛІЗАРЕНКО

“04” грудня 2018 року

Підпис ОЛІЗАРЕНКА С.А. засвідчую

Начальник відділу особового складу та стройового – заступник начальника штабу Харківського національного університету Повітряних Сил



“04” грудня 2018 року



В.О.ПАВЛІЙ