

Ученому секретарю
спеціалізованої
вченої ради Д 64.052.08
Харківського національного
університету радіоелектроніки
Плісс І. П.

пр. Науки, 14,
м. Харків, Україна
61166

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, професора Федоровича Олега Євгеновича на дисертаційну роботу Маковейчука Олександра Миколайовича «Моделі, методи та інформаційна технологія побудови і використання візуальних інформаційних структур доповненої реальності», що подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології

Актуальність теми

Інформаційні технології доповненої реальності мають широке застосування у різних галузях, таких як медицина, освіта, військова сфера, виробництво і транспорт, кіно і телебачення, онлайн-трансляції, підготовка та навчання співробітників, маркетинг і реклама, роздріб/онлайн-комерція і торгівля нерухомістю, ігрова індустрія тощо. Найбільш розповсюдженими є системи, які базуються на використанні спеціальних візуальних структур (ВІС), у якості яких в даний час виступають лише візуальні маркери. Основні типи візуальних маркерів доповненої реальності (AR-маркерів), які зараз використовуються: шаблонні маркери, 2D штрих-кодові маркери (найчастіше в якості штрих-кодових AR-маркерів використовують QR-коди), колові маркери та маркери-зображення. При використанні маркерних систем висуваються вимоги робастності – система повинна працювати при фізичній відсутності будь-якої частини ВІС чи закритті її завадою (до половини площі ВІС). Існуючий тип AR-маркерів відповідає вказаним вимогам у повній мірі. Тому, вважаю тему дисертаційної роботи Маковейчука Олександра Миколайовича, яка направлена на розвиток теоретичних основ, розробку моделей, методів та інформаційної технології побудови і використання ВІС доповненої реальності, актуальною.



Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх достовірності

Викладені у дисертаційній роботі положення, що отримані автором, ґрунтуються на критичному аналізі теоретичних і прикладних розробок в галузі розробки моделей, методів та інформаційних технологіях обробки і передачі візуальної інформації. Теоретичні і практичні результати мають належний рівень обґрунтованості, який було досягнуто внаслідок використання сучасних математичних методів цифрової обробки зображень, комп'ютерного зору, методів теорії матриць, аналітичної геометрії, теорії категорій і теорії груп тощо.

Отримані теоретичні результати підтверджено імітаційним моделюванням, великою кількістю експериментів з реальними зображеннями розроблених ВІС, перевіркою одержаних результатів при їх практичній реалізації, впровадженні у реальні інформаційні системи, що підтверджено актами впровадження та реалізації.

Новизна наукових результатів

Наукова новизна роботи полягає у вирішенні наукової проблеми розробки теоретичних основ створення моделей, методів та інформаційної технології побудови і використання візуальних інформаційних структур в системах доповненої реальності для застосування в різних сферах обробки інформації.

У дисертаційній роботі набули подальшого розвитку теоретичні основи побудови і використання візуальних інформаційних структур доповненої реальності.

Удосконалено модель візуальних інформаційних структур доповненої реальності, що забезпечує відновлення інформації в умовах втрати частини даних:

Вперше розроблено модель стійких мозаїчних стохастичних маркерів доповненої реальності та метод їх формування, який базується на процедурах масштабування зображення-повідомлення.

Вперше розроблено метод виявлення мозаїчних стохастичних маркерів доповненої реальності, що дозволяє в умовах несприятливих зовнішніх впливів коректно декодувати повідомлення.

Вперше розроблено метод визначення параметрів проективного перетворення мозаїчних стохастичних маркерів, що дозволяє забезпечити уніфіковане виявлення та декодування незалежно від умов реєстрації маркера.

Вперше розроблено метод декодування мозаїчних стохастичних маркерів доповненої реальності, що дозволяє в умовах несприятливих зовнішніх впливів забезпечити коректне відтворення та візуалізацію інформації.

Удосконалено метод проєціювання віртуальних об'єктів на площину маркера доповненої реальності, що дозволяє візуалізувати тривимірні об'єкти

та забезпечує універсальність та уніфікацію незалежно від фізичних та геометричних властивостей засобів реєстрації зображення.

Удосконалено інформаційну технологію побудови і використання маркерів доповненої реальності, що дозволяє задовільнити зростаючі вимоги до візуальних інформаційних структур доповненої реальності, формалізувати та автоматизувати процес побудови візуальних об'єктів в проектах створення нових інформаційних систем доповненої реальності.

Важливість результатів дисертаційної роботи для науки та практики

Запропоновані моделі, методи та інформаційна технологія спрямовані на подальший розвиток теорії обробки цифрових зображень та комп'ютерного зору у напрямку забезпечення ефективного функціонування систем доповненої реальності шляхом побудови і використання мозаїчних стохастичних маркерів, дозволяють покращити такі показники, як помітність, простота, інформативність, орієнтованість, робастність, криптостійкість та універсальність.

Практичне значення отриманих теоретичних результатів дисертаційної роботи полягає у розробці інформаційної технології побудови і використання маркерів доповненої реальності, автоматизації процесу побудови візуальних об'єктів в існуючих та перспективних інформаційних системах доповненої реальності. Практичне застосування теоретичних досліджень полягає у наступному: реалізація у військовій частині А2667 у спеціалізованому програмно-апаратному комплексі обробки інформації у вигляді алгоритмів і програм робочого місця інтерпретатора-дешифрувальника, що дозволило знизити час виявлення запропонованої візуальної інформаційної структури, що застосовується у військовій сфері; використання у приватному акціонерному товаристві «Авікос» при створенні модулів управління рухомими об'єктами у комплексах «Скіф», «Стугна», БМ «Оплот», що дозволило забезпечити їх ефективне функціонування, завдяки використанню візуальних інформаційних структур у вигляді мозаїчного стохастичного маркера доповненої реальності; впровадження у Національному центрі управління та випробувань космічних засобів Державного космічного агентства України; впровадження в Державному підприємстві «Центр державного земельного кадастру» Державного агентства земельних ресурсів України; використання в освітньому процесі Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба.

Повнота викладу наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих працях

За результатами дисертаційного дослідження опубліковано 60 наукових праць. З них 30 наукових статей у виданнях, які зазначені у переліку фахових видань України з технічних наук, 1 стаття у зарубіжному науковому періодичному виданні (в тому числі 5 статей проіндексовано у міжнародній

наукометричній базі Scopus) та 29 тез доповідей конференцій (в тому числі 4 з яких індексуються міжнародними наукометричними базами IEEE Xplore, Scopus та Web of Science).

Основні положення дисертаційної роботи повністю розкрито у наукових публікаціях.

Оцінка змісту дисертації, її завершеності й оформлення

Структура дисертації розкриває головну мету дослідження, розділи пов'язані внутрішньою логікою і послідовністю розгляду вирішуваних завдань дослідження.

Побудова дисертації відповідає прийнятим для наукового дослідження нормам. Дисертація складається із вступу, п'ятих розділів, висновків по дисертації, переліку посилань із 247 найменувань та 2 додатків. Загальний обсяг дисертаційної роботи складає 394 сторінки.

У вступі дисертант обґрунтував актуальність теми, навів дані про зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами, сформулював мету і завдання дослідження, обґрунтував методи досліджень, які використані в дисертації, задекларував наукову новизну й практичне значення одержаних результатів, а також дані про публікації, реалізацію, впровадження, апробацію та особистий внесок здобувача.

У першому розділі для вирішення питань, що зазначені у меті роботи, автор виконав аналіз існуючих систем і технологій доповненої реальності, дослідив відомі моделі, методи та інформаційні технології в системах доповненої реальності, проаналізував типи існуючих маркерів доповненої реальності та типові методики роботи з ними.

У другому розділі дисертації автор навів результати подальшого розвитку теоретичних основ побудови і використання ВІС доповненої реальності, які базуються на науково-обґрунтованих моделях та методах системного формування, перетворення та декодування візуальної інформації.

У третьому розділі роботи розроблені модель та метод формування стійких мозаїчних стохастичних маркерів доповненої реальності.

Четвертий розділ присвячено загальній реалізації розроблених методів побудови та використання мозаїчних стохастичних маркерів доповненої реальності.

У п'ятому розділі розроблено інформаційну технологію побудови і використання маркерів доповненої реальності, наведено опис та результати експериментів, що проводилися, надані порівняльні оцінки показників якості для основних типів візуальних маркерів доповненої реальності.

У висновках стисло сформульовані основні наукові та практичні результати дисертаційної роботи.

Додатки до дисертації містять список публікацій здобувача за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації, а також акти про реалізацію і впровадження результатів дисертаційної роботи.

Обсяг та структура дисертаційної роботи відповідають вимогам щодо дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук. Автор використав сучасну бібліографію та наукову термінологію. Зміст та результати дослідження викладено аргументовано, результати практичної реалізації підтверджують теоретичні висновки.

Зміст автореферату відповідає змісту дисертації і достатньо повно відбиває її основні положення.

Результати кандидатської дисертації не використані в докторській.

Зауваження щодо змісту дисертації

В дисертаційній роботі виявлено такі недоліки:

1. Нажаль, автор дисертаційної роботи в темі не вказав на розроблення (п. 5 наукової новизни) «Теоретичних основ побудови і використання візуальних інформаційних структур», що більш відповідає рівню докторської дисертації.

2. У другому розділі автор вказав на основні вимоги до ВІС у вигляді показників, але відсутня така характеристика як стійкість, яка названа у меті, завданні, 1, 6, 8 пунктах новизни. Немає формального представлення показника стійкості та його оцінювання.

3. У другому розділі, формулюючи вимогу робастності, вказано, що ВІС повинні задовільняти вимоги інформативності при втраті до 50% інформації про ВІС. Але з огляду існуючих систем не зрозуміло, чому саме береться число 50%. Можливо автор розглядає найгірший випадок, але про це в роботі не говориться. На мою думку, ця цифра повинна бути обґрунтована та залежати від призначення системи доповненої реальності.

4. Автор занадто детально описує у авторефераті зміст розділу 2, який є у роботі. Відсутнє лаконічне подання матеріалу для його розуміння.

5. У другому розділі автор використовує теоретико- категорійний підхід, але відсутнє обґрунтування його вибору та порівняння з іншими, наприклад, онтологічним підходом.

6. Не зовсім зрозуміло, чому у третьому розділі при знаходженні мінімуму цільової функції забезпечується один екстремум, а не їх можлива множина.

7. Не зовсім зрозуміло, чому у висновках дисертації повністю повторюються пункти наукової новизни.

8. Візуальні об'єкти у роботі розглядаються як статичні об'єкти, але в дійсний час великий інтерес для практичного використання мають динамічні об'єкти віртуальної реальності.

9. Розроблена автором інформаційна технологія являє собою по суті синтез двох існуючих – інформаційної технології доповненої реальності і інформаційної технології передачі даних. Але в дисертаційній роботі робиться основний акцент саме на доповненій реальності, а не на передачі даних, не зважаючи на те, що ВІС вводяться власне як узагальнення AR-маркерів щодо передачі даних.

10. Проводячи у четвертому розділі теоретичні оцінки простоти маркерів, автором розглядається 5 основних патернів, які можуть зустрічатися під час обчислення локальної дисперсії по ковзаючому квадратному вікні для детектування границь біт-контейнера. Не ставлячи під сумнів отриманий автором результат, що для бінарного зображення оптимальним значенням кольору границі є саме $1/2$, слід зауважити, що таких патернів у вікні розміром 3×3 буде більше ніж 5, навіть, якщо врахувати справедливе зауваження, що значення дисперсії не залежить від порядку елементів у послідовності, і, що з міркувань симетрії, значення дисперсії не зміниться, якщо всі 0 замінити на 1 і навпаки.

Висновок щодо відповідності дисертації спеціальності

Дисертаційна робота виконана у відповідності до наступних пунктів, що зазначені у паспорті спеціальності 05.13.06 – інформаційні технології:

1. Розроблення наукових і методологічних основ створення і застосування інформаційних технологій та інформаційних систем для автоматизованої переробки інформації і управління.

2. Розроблення інформаційних технологій для аналізу та синтезу структурних, інформаційних і функціональних моделей об'єктів і процесів, що автоматизуються.

6. Розроблення теоретичних і прикладних основ побудови інформаційних технологій для автоматизації функціональних завдань керування, аналізу і оцінювання ефективності автоматизованих систем переробки інформації та управління.

Загальний висновок

В цілому дисертація є завершеною науковою роботою, в якій отримано нові обґрунтовані теоретичні і практичні наукові результати, що є суттєвими для розвитку теоретичних основ створення моделей, методів та інформаційної технології побудови і використання візуальних інформаційних структур в системах доповненої реальності. Вказані зауваження не впливають на високу загальну позитивну оцінку роботи, яка виконана на високому науковому рівні, має вагомі практичні застосування та вирішує науково-прикладну проблему розробки теоретичних основ створення моделей, методів та інформаційної технології побудови і використання візуальних інформаційних структур в системах доповненої реальності для застосування в різних сферах обробки інформації.

Вважаю, що дисертаційна робота на тему «Моделі, методи та інформаційна технологія побудови і використання візуальних інформаційних структур доповненої реальності» відповідає вимогам пп. 9, 10, 12, 13, 14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 (зі змінами), щодо докторських дисертацій, а її автор, Маковейчук Олександр Миколайович,

заслугове присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології.

Офіційний опонент,
завідувач кафедри комп'ютерних наук
та інформаційних технологій
Національного аерокосмічного університету
ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»,
лауреат Державної премії України
в галузі науки і техніки,
доктор технічних наук, професор



О. Є. Федорович

Підпис доктора технічних наук, професора Федоровича Олега Євгеновича засвідчую

Учений секретар Національного аерокосмічного
університету ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»



С. Є. Чмихун