

Вченому секретарю спеціалізованої вченої
ради Д 64.052.03
Харківського національного університету
радіоелектроніки
Безруку В.М.

61166, пр. Науки, 14, м. Харків

ВІДГУК

офіційного опонента старшого наукового співробітника
відділу дистанційного зондування Землі Інституту радіофізики
та електроніки ім. О.Я. Усикова Національної академії наук України,
доктора технічних наук професора Пащенка Руслана Едуардовича
на дисертаційну роботу Беляєва Олексія Володимировича
“Удосконалення методів обробки сигналів та зображень у мультимедійних
стрілецьких тренажерах”, яка подана на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.17 – радіотехнічні та
телевізійні системи

Актуальність теми дисертації. З розвитком комп’ютерних технологій бурхливий розвиток отримали різноманітні тренувальні комплекси для підготовки військовослужбовців та спортсменів у реальних умовах обстановки на основі попередньо розроблених програм. Інтерактивні тренувальні програми будується на основі сучасних мультимедійних технологій, які забезпечують реалістичність оточуючого середовища для тренувань, а також мають суттєво нижчі матеріальні витрати на їх впровадження у сучасні навчально-тренувальні засоби, зокрема у мультимедійні стрілецькі тренажери (МСТ). Можливість проводити оцінювання результатів тренувань та адаптувати тренінговий сценарій у відповідності до індивідуальних особливостей стрілка дозволяє значно підвищити ефективність тренування. Але при цьому необхідно забезпечити, щоб прийоми та правила стрільби на тренажері повністю відповідали аналогічним прийомам та правилам стрільби з реальних зразків зброї. Крім того, під час відображення на проекційному екрані МСТ динамічних сцен виникають труднощі щодо виявлення і вимірювання координат кульових отворів і плям, утворених лазерним променем.

На теперішній час існує декілька методів виявлення та визначення координат точок попадання на сформованому зображені, такі як метод кореляційної обробки, метод узгодженої фільтрації, метод пошуку центру фрагмента, метод покадрового віднімання та ін. Але зазначені методи під час роботи з динамічними сценами не забезпечують задану точність вимірювання координат попадань та необхідну швидкість обробки зображень високої роздільної здатності. Також у разі використання у мультимедійних тренінгових сценаріях неоднорідного фону застосування зазначених вище методів може

приводити до помилкового спрацьовування системи.

Тому можна вважати тему дисертаційної роботи Бєляєва О.В., яка присвячена удосконаленню методів обробки сигналів та зображень у мультимедійних стрілецьких тренажерах, актуальною, як в науковому, так і в прикладному аспектах.

Обрана тематика досліджень пов'язана з плановими науково-дослідними роботами “Розробка нових інформаційних вимірювальних систем і технологій координатно-часового метеорологічного забезпечення і зв'язку” (№ ДР 011U002541) та “Розроблення системи первинної обробки акустичних сигналів в умовах дії завад для радарів виявлення безпілотних літальних апаратів” (№ ДР 0117U002526), які виконувалися в Харківському національному університеті радіоелектроніки.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації. У вступі обґрунтується актуальність теми дослідження, формулюються мета і задачі дослідження, висвітлюється наукова новизна та практичне значення отриманих результатів.

У першому розділі дисертації розглядаються особливості побудови та основні вимоги, що висуваються до сучасних мультимедійних стрілецьких тренажерів. Проведено аналіз методів обробки сигналів і зображень, що використовуються у МСТ, та визначено, що найбільш важливими показниками ефективності роботи МСТ є ймовірність правильного виявлення кульових отворів на фоні динамічних сцен, точність вимірювань координат точок попадання та швидкодія системи. Проведений аналіз дозволив сформулювати основні задачі дослідження.

Другий розділ дисертації присвячений удосконаленню математичних моделей оптичних сигналів та шумів на зображеннях в МСТ. Під час моделювання корисного сигналу для роботи системи з лазерними імітаторами використовувалася модель гаусового розподілу енергії в лазерних пучках, а для роботи МСТ у бойовому режимі – зворотна модель корисного сигналу. В якості моделей шумів в МСТ розглядаються моделі шуму на зображеннях на виході відеокамери: фотонний дробовий шум, шум зчитування сенсору, структурні шуми, нерівномірність у кількості зареєстрованих фотонів, шуми квантування. На підставі даних моделей сформульовані вимоги до точності вимірювань кульових отворів і характеристик правильного виявлення сигналів. Також у розділі розроблено оптимальний метод виявлення та вимірювання координат корисного сигналу на зображеннях проекційного екрану, який базується на обробці двійково-квантованих сигналів (послідовності нулів та одиниць зображення) та прийнятті рішення (на підставі сформованої функції правдоподібності) про належність вибірки нулів та одиниць корисному сигналу або фону. Точність оцінки просторового положення центру корисного сигналу забезпечується за рахунок зсуву вагових функцій, що описують форму сигналу, відносно прийнятої реалізації зображення;

У третьому розділі приведено результати розробки методу попередньої фільтрації зображень в МСТ з динамічно мінливим фоном на основі

контурного аналізу. При цьому як детектор контурів використовується узгоджено-вибірковий фільтр, який не використовує априорну інформацію про конкретні зображення фону навколо об'єкту під час визначення його структури. На практиці реалізація узгоджено-вибіркового фільтра зводиться до обчислення ступеня схожості аналізованої сцени з контуром шуканого об'єкту. Після цього здійснюється перехід з отриманого простору контурів у простір площ шляхом виконання операції заливки. Кульові отвори і позначки від лазерного випромінювача будуть давати цілісний замкнутий контур (цилінрі площині), а розімкнуті контури будуть відсіяні. Обробка проводиться з застосуванням операції морфологічної еrozії з використанням хрестоподібного структурного елемента для позбавлення незамкнутих ліній на зображенні.

У четвертому розділі дисертації автором розроблений метод обробки зображень в МСТ з використанням слідкування за процесом прицілювання. В основу даного методу покладений трьохетапний принцип обробки зображення: екстраполяція положення лазерної плями, стробування зони вимірювання та обробка зображення у стробованій зоні. При цьому, екстраполяція положення лазерної плями на проекційному полотні екрану МСТ здійснюється за допомогою поліноміальної моделі траекторій по кожній з координат. Під час стробування зони навколо рухомих об'єктів використовується строб у формі прямокутника, описаного навколо еліпса сумарних помилок, які визначаються на основі екстрапольованих даних. Це дозволяє зменшити розмір оброблюваних зображень. Обробка зображення у стробованій зоні дозволяє збільшити швидкість обробки даних під час динамічного режиму роботи МСТ.

Достовірність отриманих наукових результатів ґрунтуються на коректному застосуванні методів теорії статистичних рішень під час розробки методів обробки сигналів в мультимедійному стрілецькому тренажері, методу контурного аналізу зображень, а також методів експериментального дослідження та комп'ютерного моделювання для визначення оцінок якісних характеристик алгоритмів.

Новими науковими результатами, отриманими в дисертаційній роботі Беляєва О.В., є:

удосконалено математичні моделі оптичних сигналів та шумів на зображенні в мультимедійних стрілецьких тренажерах, які на відміну від відомих враховують форму та розміри лазерної плями і кульового отвору на фоні фотонного дробового шуму, шуму зчитування та шуму квантування для двох режимів роботи МСТ: з лазерним імітатором і з використанням бойової зброї, що дозволило сформувати вимоги до точності вимірювань кульових отворів і характеристик правильного виявлення сигналів;

вперше розроблено оптимальний метод виявлення та вимірювання координат корисного сигналу на зображенні проекційного екрану для двох режимів роботи МСТ: з лазерними імітаторами та при використанні бойової зброї, який базується на обробці двійково-квантованих сигналів та на відміну від відомих методів дозволяє підвищити точність оцінки просторового положення центру корисного сигналу за рахунок зсуву вагових функцій, що

описують форму сигналу, відносно прийнятої реалізації зображення;

вперше запропоновано метод попередньої фільтрації зображень в МСТ на основі контурного аналізу, який відрізняється від відомих методів тим, що дозволяє виконувати обробку зображень в умовах ап'ярної невизначеності (з фоном, що динамічно змінюється);

вперше запропоновано метод обробки зображень в МСТ з використанням слідкування за процесом прицілювання, який відрізняється наявністю трьох послідовних етапів: екстраполяцією положення лазерної плями, стробуванням зони вимірювання та обробкою зображення в стробованій зоні, що дозволяє збільшити швидкість обробки даних під час динамічного режиму роботи МСТ.

Практичне значення одержаних результатів:

результати досліджень можуть бути використані для удосконалення існуючих та створення нових стрілецьких тренажерів, або будь-яких інших аналогічних мультимедійних систем;

застосування розроблених методів дозволить використовувати один комплект відеоапаратури без застосування додаткової системи підсвічування екрану;

впровадження розроблених методів дозволить розширити функціонал МСТ новими тренувальними відеосюжетами та ускладнити існуючі без погіршення швидкодії МСТ.

Запропоновані методи реалізовані та протестовані з використанням МСТ кафедри Медіаінженерії та інформаційних радіоелектронних систем Харківського національного університету радіоелектроніки. Впровадження результатів досліджень підтверджено відповідними актами.

Завершеність, стиль викладання, публікації. Аналіз сукупності наукових результатів і положень представлених у роботі Беляєва О.В. дозволяє зробити висновок про їх внутрішню єдність і засвідчує особистий внесок автора в науку щодо подальшого розвитку методів визначення координат кульових отворів і відміток від лазерного випромінювача на динамічному фоні проекційного екрану мультимедійного стрілецького тренажера.

Дисертаційна робота Беляєва О.В. є завершеним науковим дослідженням, яку виконано відповідно до вимог, що висуваються до кандидатських дисертацій. Роботу написано зрозуміло та грамотно, з коректним та логічним використанням науково-технічної термінології.

Отримані в роботі нові наукові результати з достатньою повнотою опубліковані в наукових фахових виданнях України (5 статей) та в іноземному виданні, що індексується наукометричною базою Index Copernicus (1 стаття), а також у 2 патентах на корисні моделі, і пройшли необхідну апробацію на всеукраїнських та міжнародних конференціях (9 тез доповідей).

Структура і зміст автoreферату в цілому відповідають тексту дисертації і досить повно відображають основні положення та висновки. Дисертація та автoreферат відповідають паспорту спеціальності 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи.

Недоліки та зауваження:

1. З тексту роботи (2 розділ) не зрозуміло з яких міркувань вибирається поріг виявлення корисного сигналу та які чинники на нього впливають.

2. У третьому розділі роботи запропоновано використовувати гаусовський фільтр для визначення границь контуру лазерної плями, але не вказано з яких міркувань він був вибраний.

3. У роботи не проаналізовані основні фільтри визначення границь контурів, наприклад, фільтри Кенні, Собеля, Превіта та Робертса.

4. У роботі не наведені данні щодо переваг та недоліків сучасних методів сегментації зображення, наприклад, вирощування областей, або з використанням фрактальної розмірності та ін.

5. У роботі не показано, як впливає складність фону на оцінку просторових координат лазерної плями.

Але вищезазначені недоліки та зауваження не суттєво впливають на загальний позитивний висновок щодо дисертації.

Загальні висновки. Дисертація Бєляєва О.В. є завершеною науково-дослідною роботою, в якій розв'язана актуальна науково-прикладна задача підвищення ефективності функціонування МСТ шляхом розробки і дослідження методів і алгоритмів виявлення об'єктів та вимірювання їх геометричних і кінематичних характеристик на проекційному екрані МСТ при використанні неоднорідних динамічних сцен. Поставлені часткові задачі, наукові положення, висновки та рекомендації, наведені у роботі обґрунтовані та аргументовані.

Дисертаційна робота Бєляєва О.В. має наукову новизну і практичну значимість та відповідає вимогам п. 11 “Порядку присудження наукових ступенів”, які пред'являються до кандидатських дисертацій, а її автор, Бєляєв Олексій Володимирович заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи.

Офіційний опонент

старший науковий співробітник

відділу дистанційного зондування Землі

Інституту радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова НАН України

доктор технічних наук

професор

Р.Е. ПАЩЕНКО

Підпис офіційного опонента доктора технічних наук професора Пащенка Р.Е. засвідчує.

Учений секретар ІРЕ ім. О.Я. Усикова НАН України
кандидат фізико-математичних наук

I.Е. ПОЧАЙНА

11.06.2018 р.

