

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

**Одайської Христини Савеліївни**

«Методи та засоби підвищення візуальної якості зображень

у комп'ютеризованих оптико-електронних системах»,

що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти

### **Актуальність теми дисертаційної роботи**

Сучасні комп'ютеризовані оптико-електронні системи, які широко використовуються в різних галузях науки і техніки, у більшості випадків отримують початкові зображення за допомогою відеокамер. Необхідною умовою коректного оброблення зображень у таких системах, зокрема, у комп'ютеризованих системах технічної та медичної діагностики, є висока візуальна якість зображень, яка кількісно описується, наприклад, співвідношенням сигнал/шум. Підвищення якості зображень виконується з використанням програмно-апаратних засобів, наприклад, шляхом зниження рівня шуму та налаштування параметрів відеокамер. Проте, існуючі методи та програмно-апаратні засоби визначення рівня та фільтрації шуму мають обмежену точність і швидкодію, які є недостатніми для багатьох прикладних задач оброблення зображень у комп'ютеризованих системах. Існуючі методи налаштування параметрів відеокамер, зокрема, параметрів «Яскравість» і «Контраст», звичайно передбачають виконання частини операцій у ручному режимі, що значно збільшує час налаштування. У той же час, параметри відеокамер, які встановлюються за замовчуванням, не забезпечують максимальну якість зображень. Особливо гостро стоїть питання удосконалення методів підвищення візуальної якості зображень при їх обробленні в реальному часі.

**Тому актуальною** є тема дисертаційної роботи, яка присвячена підвищенню візуальної якості зображень шляхом зниження їх рівня шуму та адаптивної зміни параметрів відеокамер у комп'ютеризованих системах.

Дисертаційна робота виконана відповідно до програм наукової тематики кафедри комп'ютерних систем та мереж Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича. Проведені дослідження є частиною науково-дослідних тем, які фінансувались із коштів державного бюджету Міністерством освіти і науки України, зокрема: "Мультифункціональний адаптивно реконфігуровний модуль цифрової обробки інформації для задач медико-екологічного і технологічного профілю" (2015-2016 рр., № держреєстрації 0115U003239); "Високопродуктивні комп'ютерні засоби і системи багатомасштабної і багатопараметричної ідентифікації та обробки інформації в режимі реального часу" (2016-2020 рр., № держреєстрації 0116U007043). Під час виконання дисертаційної роботи автор проходила стажування в Політехнічному університеті Валенсії (Іспанія) з 24.08.2015 по 26.06.2016 р. у рамках програми Erasmus Mundus EUROEAST.

#### **Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій**

Дисертаційна робота Одайської Х.С. виконана за високому науковому рівні. Наукові положення і висновки, які отримані в дисертації, обґрунтовані за рахунок коректних математичних викладок і підтверджуються проведенням комплексних досліджень з використанням чисельних методів, теорій алгоритмів, методів лінійної алгебри та фільтрації зображень, диференціального й інтегрального числення. Результати теоретичних досліджень задовільно збігаються з експериментальними при обробленні всіх цифрових тестових зображень. Апробація розроблених методів і програмно-апаратних засобів підтверджує підвищення їх точності та швидкодії у порівнянні з аналогами.

**Достовірність результатів дисертаційної роботи** підтверджується проходженням апробації основних положень роботи Одайської Х.С. на всеукраїнських та міжнародних науково-технічних конференціях, результатами комп'ютерного моделювання та практичного впровадження в

комп'ютеризованих системах, які як джерело початкових зображень використовують відеокамери. Результати комп'ютерного моделювання, отримані за допомогою розроблених методів, узгоджуються з результатами незалежних методів-аналогів.

### **Оцінка змісту дисертаційної роботи**

Структура дисертаційної роботи є цілісною та взаємопов'язаною. Стиль викладення результатів теоретичних і практичних досліджень, висновків забезпечує доступність роботи для сприйняття та використання.

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Обсяг основного тексту дисертації складає 135 сторінок друкованого тексту.

**Перший розділ** присвячений аналізу методів та засобів підвищення візуальної якості зображень у комп'ютеризованих оптико-електронних системах (КОЕС), які отримують початкові зображення за допомогою відеокамер. Розглянуто будову сучасних комп'ютеризованих систем формування та оброблення цифрових зображень. Проведено аналіз переваг і недоліків існуючих методів і програмно-апаратних засобів підвищення якості зображень у КОЕС, зокрема, методів визначення рівня та фільтрації шумів. У результаті такого аналізу показано, що існуючі методи підвищення якості зображень у загальному випадку не забезпечують потрібної точності та швидкодії, тому існує потреба у розробленні нових методів і засобів. Зроблено висновок про доцільність підвищення якості зображень у КОЕС за рахунок адаптивної зміни параметрів «Яскравість» і «Контраст» відеокамер і програмно-апаратної фільтрації шуму на зображеннях.

**У другому розділі** розроблено архітектуру комп'ютеризованої оптико-електронної системи, яка складається зі взаємозв'язаних підсистем визначення рівня шуму, фільтрації шуму та адаптивної зміни параметрів відеокамер. Відповідно до розробленої архітектури удосконалено методи визначення рівня гаусового шуму на зображеннях, які використовують при

виділенні шумової складової низькочастотну та високочастотну фільтрації відповідно. Розроблено математичну модель і метод для автоматичного зменшення рівня шуму на зображеннях за допомогою фільтра Гауса з використанням енергетичного спектра зображення. Розроблена математична модель враховує залежність середнього квадратичного відхилення ядра фільтра Гауса від просторового періоду, діапазону значень та орієнтації розподілу яскравості корисного сигналу, а відповідно, забезпечує зменшення спотворень корисного сигналу, які виникають при фільтрації зображень.

**У третьому розділі** описано розроблені програмно-апаратні засоби зниження рівня шуму зображень у комп'ютеризованій системі. Створено програмне забезпечення в системі MATLAB, синтезовано Simulink-моделі та розроблено структурні схеми блоків підсистеми визначення рівня шуму. Для підвищення швидкодії виконано апаратну реалізацію блоків фільтрації зображень засобами FPGA Artix-7 фірми Xilinx. Експериментальна перевірка розроблених методів показала, що вони дозволяють підвищити точність визначення рівня шуму на 30 %. На основі розробленого методу зниження рівня шуму на зображеннях розроблено відповідні програмно-апаратні засоби. Точність розробленого методу фільтрації перевірено при зменшенні рівня шуму на тестових зображеннях. Показано, що розроблений метод є квазіоптимальним, а його швидкодія більш ніж у 2 рази вища за швидкодію методів-аналогів.

**У четвертому розділі** виконано практичну реалізацію методів адаптивної зміни параметрів «Яскравість» і «Контраст» відеокамер у комп'ютеризованій системі, синтезовано структуру системи та її Simulink-моделі. Для підвищення швидкодії оброблення зображень виконано апаратну реалізацію блоків системи засобами ПЛІС. Розроблено програму в системі MATLAB, призначену для адаптивної зміни параметрів відеокамери на основі критеріїв якості зображень. Точність розроблених методів перевірено при адаптивній зміні параметрів трьох моделей відеокамер, при цьому використання запропонованих критеріїв якості зображення забезпечує добре узгодження

отриманих результатів із даними суб'єктивного критерію візуальної якості. Розроблено метод і програмні засоби для визначення рівня шуму на зображеннях з використанням паралельних обчислень на основі комп'ютерного кластера, що забезпечує збільшення швидкодії оброблення зображень.

**Наукова новизна дисертаційної роботи підтверджується такими результатами:**

1. Подальшого розвитку отримала архітектура побудови комп'ютеризованої системи формування зображень, яка відрізняється від існуючих спільним застосуванням високоточної підсистеми визначення рівня шуму як при його фільтрації, так і при адаптивній зміні параметрів відеокамер.

2. Вперше розроблено метод підвищення візуальної якості зображень шляхом їх фільтрації, особливістю якого є обчислення амплітудних і частотних параметрів корисного сигналу на основі радіального розподілу для енергетичного спектру, що забезпечує спрощення реалізації апаратних засобів комп'ютеризованої системи формування зображень та квазіоптимальний результат фільтрації.

3. Подальшого розвитку отримали методи оцінки якості формування цифрових зображень, оснований на їх згортанні, які відрізняються від існуючих врахуванням статистичних характеристик яскравості зображень, що дозволяє підвищити точність визначення рівня шуму до 30 %.

4. Подальшого розвитку отримали методи оброблення зображень з адаптивною зміною параметрів «Яскравість» і «Контраст» цифрової відеокамери відповідно до умов освітленості сцени з використанням зворотного зв'язку між комп'ютеризованою системою та відеокамерою.

5. Подальшого розвитку отримав метод визначення рівня шуму зображень із використанням паралельних обчислень, що забезпечує усунення крайових ефектів при фільтрації зображень і збільшення швидкодії оброблення зображень у комп'ютеризованих системах до 1.5 разів.

**Практична цінність отриманих результатів** полягає у розробленні апаратних і програмних засобів для комп'ютеризованих систем, які отримують початкові зображення з відеокамер. Розроблене програмне забезпечення для визначення рівня та фільтрації шуму дозволило отримати квазіоптимальну якість оброблених зображень згідно з критерієм співвідношення сигнал/шум; такі засоби можуть використовуватися в системах відеоспостереження й автоматичної фільтрації цифрових зображень, візуального контролю виробничих процесів, тощо. Розроблені апаратні засоби на основі ПЛІС для цифрової фільтрації зображень, отриманих за допомогою відеокамер, забезпечили на порядок вищу швидкодію фільтрації та дозволили виконувати оброблення кадрів відеопотоку в реальному часі. Розроблені програмно-апаратні засоби для адаптивної зміни параметрів «Яскравість» і «Контраст» цифрових відеокамер дозволили отримувати зображення з відеокамер із вищим співвідношенням сигнал/шум, ніж при використанні налаштувань камер за замовчуванням.

Результати дисертаційної роботи впроваджені й пройшли апробацію в ІТ-компанії «Юкон-Софтваре» (м. Чернівці).

#### **Рекомендації щодо використання наукових результатів**

Методи підвищення візуальної якості зображень, розроблені у дисертаційній роботі, можуть використовуватися при обробленні цифрових зображень, отриманих у комп'ютеризованих системах за допомогою відеокамер, а також при адаптивній зміні параметрів відеокамер.

Перевагою розроблених методів зниження рівня шуму й адаптивної зміни параметрів відеокамер є їх широка сфера застосування, завдяки чому такі методи можуть використовуватися, наприклад, в комп'ютеризованих системах медичної та технічної діагностик.

Отримані в роботі результати пояснюються значною кількістю рисунків, що спрощує сприйняття викладеного матеріалу.

### **Повнота, стиль виконання, публікації**

Проведений аналіз наукових результатів дисертаційної роботи Одайської Х.С. дозволяє зробити висновок про їх несуперечливість, повноту і цілісність, засвідчує особистий внесок автора в розроблення методів і засобів оброблення зображень, отриманих за допомогою відеокамер.

Всього за тематикою дисертації опубліковано 18 наукових праць, у тому числі 7 статей у фахових виданнях, 7 доповідей у матеріалах міжнародних конференцій, 1 доповідь у матеріалах всеукраїнської конференції, 3 свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір (комп'ютерну програму), 2 роботи у міжнародних виданнях, що входять до наукометричної бази SCOPUS. Всі основні наукові результати дисертаційної роботи відображено у зазначених наукових працях.

Матеріали досліджень дисертаційної роботи обговорювались на 7 наукових та науково-практичних конференціях.

Зміст автореферату повністю відповідає основним положенням і висновкам, зробленим у дисертації.

Зміст дисертації відповідає паспорту спеціальності 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти.

### **Недоліки та зауваження щодо змісту дисертації:**

1. Із формули (2.44) незрозуміло, чому ексцентриситет  $E_{CE}$  зображення обчислюється на основі дискретних центральних моментів не для енергетичного спектру зображення, а для матриці  $f_{nm}$ , значення якої згідно з формулою (2.39) є коренем від значень енергетичного спектру.
2. При описі структури підсистеми визначення рівня шуму (рис. 3.1) не вказано, як формуються початкові значення ділянки інтересу  $f_{ROI}$  у блоці BBROI до обчислення значення СКВ  $\sigma_h$  шумової складової.
3. Із таблиці 3.3 неясно чому результати визначення експериментального рівня шуму розробленим методом обчислення рівня гаусового шуму на зображенні, що базується на низькочастотній фільтрації шумової

- складової та низькочастотній фільтрації при виділенні ділянки інтересу ROI подані тільки для перших трьох значень теоретичного рівня шуму?
4. Назва другого розділу є такою: “Теоретичні основи побудови комп’ютеризованих оптико-електронних систем для підвищення візуальної якості формування зображень”. При цьому авторка використовує термін – основи теорії. Коректніше було б назвати цей розділ так: “Методи та засоби побудови комп’ютеризованих оптико-електронних систем для підвищення візуальної якості формування зображень “. Адже, поняття теорії вимагає наявності чотирьох складових : а) емпіричної основи; б) теоретичної основи; в) логіки теорії; г) теорем.
  5. Для порівняння якості покращення зображень дисертантка використовує тільки співвідношення сигнал/шум. Проте, для об’єктивної оцінки доцільно було б використати метрики для кількісного порівняння зображень.
  6. Дисертанткою розроблено програмне забезпечення в середовищі MATLAB. MATLAB є універсальним і громіздким пакетом прикладним програм. Для розроблених алгоритмів доцільніше було б використати C-подібні мови з залученням бібліотек комп’ютерного зору, типу OpenCV.
  7. В тесті дисертаційної роботи мають місце окремі граматичні та стилістичні помилки та термінологічні неточності.

### **Висновок**

Вищенаведені зауваження не змінюють загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи Одайської Х. С. «Методи та засоби підвищення візуальної якості зображень у комп’ютеризованих оптико-електронних системах», яка є завершеною працею. Отримані в дисертації нові науково обґрунтовані результати в сукупності вирішують наукове завдання

підвищення точності та швидкодії оброблення цифрових зображень, отриманих за допомогою відеокамер, у комп'ютеризованих оптико-електронних системах.

Дисертаційна робота за актуальністю теми, обґрунтованістю та достовірністю наукових положень, новизною досліджень і практичною цінністю отриманих результатів відповідає пп. 9, 11, 12 "Порядку присудження наукових ступенів", затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року № 567 (зі змінами, затвердженими постановою Кабінету Міністрів України від 19 серпня 2015 р., № 656). Дисертація відповідає спеціальності 05.13.05 – Комп'ютерні системи та компоненти, а її авторка, Одайська Христина Савеліївна, заслуговує присудження їй наукового ступеня кандидата технічних наук.

Завідувач кафедри комп'ютерної інженерії

Західноукраїнського національного  
університету, д.т.н., професор

Олег БЕРЕЗЬКИЙ

