

**ВІДГУК**  
**офіційного опонента**  
на дисертаційну роботу  
Гуральника Артема Борисовича  
«Метод і ультразвуковий засіб для оцінювання стану кульшового суглоба»,  
яку подано на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук  
за спеціальністю 05.11.17 – біологічні та медичні прилади і системи

**Актуальність теми дисертації.**

Актуальність розробки, що спрямована на удосконалення технічних засобів та методів ультразвукової діагностики не викликає сумнівів. В роботі вирішується наукова задача щодо підвищення ефективності методу і ультразвукового засобу для оцінювання стану кульшового суглоба за рахунок запропонованих методів цифрової обробки та комп’ютерного аналізу діагностичних зображень. Метод має достатньо високу медичну ефективність, тому, розробка таких технічних засобів для підвищення ефективності діагностичних процедур є дуже актуальною науковою задачею на сучасному етапі розвитку біомедичної інженерії.

**Зв’язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Роботу виконано за планами наукових робіт кафедри електроніки та наносистем Вінницького національного технічного університету, в . рамках держбюджетної науково-дослідної роботи «Інформаційна технологія низькоінтенсивної світлової стимуляції і корекції функціонального стану вояків Збройних Сил України» (Державний реєстраційний номер 0117U000572), яка виконувалась у 2017-2019 рр.

**Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій,**  
що викладені у роботі забезпечується завдяки коректному формулюванню задач щодо проведених досліджень, підтвердженням адекватності запропонованих методів та математичних моделей, коректним

застосуванням методів обробки зображень та проведення експериментальних досліджень для оцінювання стану кульшового суглоба і успішною апробацією з впровадженням результатів дослідження. Основні наукові результати обговорювалися на декількох вітчизняних науково-технічних конференціях.

### **Наукова новизна одержаних результатів.**

Отримані наукові результати є суттєвим внеском у подальший розвиток методів ультразвукової діагностики, а саме:

- вперше запропоновано метод автоматичного оцінювання стану кульшового суглоба на основі 2D ультразвукових зображень, який на відміну від відомих виконує класифікацію стану кульшового суглоба за Графом шляхом відбраковування зображень неправильного положення кульшового суглоба, візуалізації його анатомічних орієнтирів та вимірювання кутових показників, що дало змогу підвищити достовірність оцінки СКС на 10-15% .

- удосконалено метод фільтрації ультразвукових зображень, який відрізняється від відомих послідовністю використання процедур морфологічних перетворень, що дало змогу враховувати рівень зашумленості та рівень перепадів інтенсивності, та відповідно до цього змінювати глибину фільтрації й отримати більш високі показники кількісної оцінки якості фільтрації (показники PSNR та MSE на 5-7 % вищі в порівнянні з відомими).

- отримала подальший розвиток математична модель виділення заданого фрагмента на ультразвуковому зображені за його спектральними ознаками, яка на відміну від відомих використовує функцію еквівалентності, що дало змогу отримати більш точні координати реперних точок (відносна похибка становить 6,25%), за якими виконується формування ліній, а отже кутів для класифікації стану кульшового суглоба.

- вперше запропоновано автоматичний метод визначення певного кадру 2D ультразвукового зображення, що відповідає правильному положенню ультразвукової головки на тілі дитини шляхом застосування адаптивного нейромережевого аналізу, що дозволило забезпечити відбракування хибних зображень та мінімізувати невизначеність положення суглоба з подальшим опрацюванням правильного кадру для візуалізації анатомічних орієнтирувальних знаків.

### **Практичне значення одержаних результатів** полягає в тому, що:

- розроблено алгоритми функціонування та апаратно-програмний засіб діагностування стану кульшового суглоба на основі УЗД-зображень, що реалізовує запропоновані в роботі методи.

створено програмне забезпечення для автоматичного відбраковування зображень неправильного положення кульшового суглоба та для фільтрації та візуалізації анатомічних орієнтирувальних знаків та вимірювання кутових показників кульшового суглоба на ультразвукових зображеннях.

Практичні результати роботи не викликають сумнівів та підтверджуються відповідним впровадженням.

### **Оцінка основного змісту дисертацій.**

Дисертаційну роботу Гуральника Артема Борисовича спрямовано на розробку та підвищення ефективності методів і засобів для оцінювання стану кульшового суглоба за даними ультразвукових досліджень. Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, 4 розділів основного тексту, висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг дисертації становить 159 сторінок; з них основний зміст викладений на 136 сторінках, 61 рисунка за текстом; 12 таблиць, список використаних джерел з 72 найменувань та 5 додатків.

У вступі наведено актуальність роботи, сформульовано мету, об'єкт, предмет і основні методи дослідження, визначено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наведено перелік публікацій за

темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача та відомості про впровадження результатів дисертаційної роботи.

У першому розділі проведено огляд методів дослідження стану кульшового суглоба дитини. Встановлено, що на сьогодні в основному використовують рентгенологічний та ультразвуковий метод дослідження.

Проаналізовано типові зображення ультразвукових досліджень стану кульшового суглоба, виявлено їх характерні особливості, визначено певні шляхи підвищення їх діагностичної ефективності, зокрема на основі використання згорткових нейронних мереж.

Другий розділ присвячено теоретичним передумовам, сформульовано вимоги до методів цифрової обробки ультразвукових зображень кульшового суглоба дитини, встановлені джерела виникнення похибок при ультразвукової візуалізації, обґрунтовано необхідність виконати ряд послідовних операцій при обробці відповідних діагностичних зображень, зокрема придушення спекл-шуму, розмежування досліджуваного зображення суглоба і фону, встановлення реперних точок і визначення лінійних і кутових розмірів.

Третій розділ присвячено розробці алгоритмів цифрової обробки зображень на основі запропонованих методів фільтрації, виділення контурів та визначення реперних точок для оцінки геометричних параметрів кульшового суглоба дитини.

У четвертому розділі побудовано апаратно-програмний засіб класифікації ультразвукових зображень стану кульшового суглобу. Побудовано загальну структуру згорткової нейронної мережі та її деталізація для класифікації бази даних кульшового суглоба за п'ятьма класами, які передбачені за відповідним графом. Побудовано базу еталонів ультразвукових зображень кульшового суглоба. Проведено налаштування згорткової нейронної мережі. Виконано порівняння отриманих результатів та визначено, що за рахунок розробленого методу досягається підвищення достовірності діагностики стану кульшового суглоба в межах 15 %.

У висновках сформульовано основні теоретичні положення та результати роботи.

У додатках наведено акт впровадження результатів дисертаційної роботи у навчальний процес у Вінницькому національному технічному університеті та фрагменти структури згорткової нейронної мережі та її налаштування для даного завдання.

### **Відповідність дисертаційної роботи вимогам МОН України**

В цілому текст дисертації викладено досить логічно і обґрунтовано. Кожен з розділів має чітку специфіку, котра у сукупності свідчить про цілісність та завершеність дисертаційної роботи.

Представлена дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням, яка написана науковою мовою. Зміст дисертації, структура, послідовність та повнота розв'язаних задач цілком відповідають темі роботи. Робота відповідає сучасним вимогам МОН України, які пред'являються до кандидатських дисертацій.

### **Повнота викладення результатів в опублікованих працях.**

За матеріалами дисертації опубліковано у 13 наукових публікацій, з яких: 5 – у фахових виданнях України, які індексуються у міжнародних наукометричних базах; та 8 тез доповідей на наукових конференціях.

Представлені публікації повністю відображають повноту і новизну наукових положень, а також зміст дисертаційної роботи. Авторський внесок в публікації є очевидним.

Автореферат за змістом, науковою новизною, практичною значимістю отриманих результатів та висновками повністю адекватний рукопису дисертаційної роботи та відповідає сучасним вимогам МОН України.

Основні наукові положення, висновки і рекомендації дисертації обґрунтовано коректним використанням математичного апарату, постанововою та отриманням експериментальних їх результатів та

підтверджені впровадженням в практичну діяльність результатів дисертації, Отриманий збіг теоретичних положень із експериментальними результатами. Тематика дисертації, її зміст і форма викладання матеріалу в повній мірі відповідають паспорту спеціальності 05.11.17 – біологічні та медичні апарати і системи.

### **Недоліки та зауваження до роботи:**

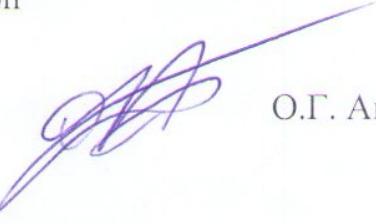
1. При реалізації порівняння (на прикладі оцінки ультразвукових зображень) методів технічного зору з аналізом фахівцем необхідно чітко визначати умови експерименту, інакше це може привести до некоректного порівняння та грубим помилкам.
2. При усуненні спекл-шумів потрібно чітко визначити алгоритми роботи морфологічних операцій за шкалою сірих тонів (Gray-scale), тоді як класичні морфологічні операції вводяться до бінарних зображень.
3. Доцільно було б при аналізі використовувати растрові формати без стиснення та характерних артефактів (\*.jpg), що ускладнює боротьбу з шумами та може впливати на відношення сигнал/шум.
4. Не зовсім коректним є визначення глибини кольору 32 біт у зображень (стандартно – 24 біта), зокрема при їх подальшому аналізі у шкалі сірих тонів.
5. Загальні висновки по роботі не носять характеру рекомендацій, а інколи лише дублюють пункти наукової новизни.
6. Доцільно було б підвищити публікаційну активність за роботою та отримати патент (або корисну модель) на запропонований комплексний спосіб обробки ультразвукових зображень.
7. У тексті дисертації зустрічаються окремі орфографічні та стилістичні помилки.

Наведені зауваження не зменшують наукової новизни і практичної значимості дисертаційної роботи, але і не прикрашають її.

## **Загальний висновок.**

Вважаю, що дисертаційну роботу слід оцінити як завершену наукову працю, що містить нові науково обґрунтовані теоретичні і практичні результати, які, в сукупності, дозволяють вирішити завдання щодо підвищення ефективності методу і ультразвукового засобу для оцінювання стану кульшового суглоба, робота відповідає сучасним вимогам МОН України, зокрема п. 9, 11-14 "Порядку присудження наукових ступенів". Зміст автореферату повністю відображає основні положення дисертації та отримані наукові і практичні результати. Робота повністю відповідає паспорту спеціальності 05.11.17 – біологічні та медичні прилади і системи, а її автор, Гуральник Артем Борисович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.11.17 – біологічні та медичні прилади і системи.

Офіційний опонент  
доктор технічних наук, професор,  
завідувач кафедри біомедичної інженерії  
Харківського національного  
університету радіоелектроніки



О.Г. Аврунін

Підпис Авруніна О.Г. засвідчує.

Учений секретар



I.V. Магдаліна