

Голові разової спеціалізованої вченої ради  
Київського національного університету  
імені Тараса Шевченка,  
доктору фізико-математичних наук, професору,  
завідуючому кафедри математики та теоретичної  
радіофізики факультету радіофізики,  
електроніки та комп'ютерних систем  
Київського національного університету  
імені Тараса Шевченка  
Володимиру ВИСОЦЬКОМУ

### Рецензія

доктора фізико-математичних наук, професора кафедри  
загальної фізики фізичного факультету  
Київського національного університету  
імені Тараса Шевченка  
ОЛІХА Олега Ярославовича на дисертацію  
КОМАРОВА Андрія Олександровича на тему: «Синтез  
характеристик гетерогенних структур за  
багатокомпонентними сигналами у ядерній магнітно-  
резонансній томографії»,  
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії  
з галузі знань 10 – природничі науки  
за спеціальністю 105 – прикладна фізика та наноматеріали

На рецензію одержано текст дисертаційної роботи загальним обсягом 131 сторінка. Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел зі 110 найменувань, одного додатку і містить 74 рисунки та 13 таблиць.

**Актуальність теми дисертаційної роботи** Комарова А.О. зумовлена декількома факторами. По-перше, необхідно звернути увагу на зв'язок дослідження з магнітно-резонансною топографією (МРТ), яка у сучасній клінічній практиці є надзвичайно важливим інструментом діагностики та відслідковування розвитку патологій завдяки невразливості до іонізуючого випромінювання та здатності надавати деталізовані зображення м'яких тканин та внутрішніх органів. По-друге, у роботі основний наголос зроблено на дослідженнях шляхів отримання діагностичної інформації від невеликих анатомічних структур та розширення можливостей виокремлення окремих компонент змішаних сигналів, пов'язаних з існуванням патологічних областей в оточенні здорової тканини. Такий підхід сприяє розвитку передових методів діагностики, дозволяючи раннє виявлення та ефективно вивчення патологій, що має ключове значення для покращення якості лікування. Нарешті, в роботі розглянуто вплив нестабільності градієнтів магнітного поля на якість отриманої МРТ-інформації. Розуміння цього аспекту роботи томографічних систем дозволяє розробляти та вдосконалювати методи корекцій (у тому числі і

апаратних), забезпечуючи стабільніше та надійніше функціонування магнітно-резонансних систем, що є ключовим для забезпечення високоякісної та достовірної медичної інформації.

У **вступі** наведено тему та актуальність роботи, сформульовано мету та задачі дослідження, надано інформацію про шляхи апробації та зв'язок дисертації з науково-дослідними темами, які виконувалися на факультеті радіофізики електроніки та комп'ютерних систем Київського національного університету імені Тараса Шевченка, а також вказані наукова новизна та практична цінність одержаних результатів.

**Перший розділ** містить загальну інформацію про метод магнітно-резонансної томографії та висвітлює питання фізичних процесів, які є базовими для даного методу діагностики, зокрема зосереджуючись на питаннях спін-спінової та спін-граткової релаксації. Крім того, у розділі наведено необхідну для розуміння подальших результатів інформацію про принципи кодування отриманого сигналу та причини появи артефактів на відповідних зображеннях.

У **другому розділі** дисертаційної роботи викладено методологічні аспекти застосування математичних методів до моделювання МРТ-експерименту та аналізу отриманих результатів. Зокрема, увага зосереджена на методі гістограмного аналізу та шляхам видалення фону, виділення інформативної частини та вибору порогового значення. Крім того, наведено узагальнюючий опис використаних бінарних морфологічних операторів.

Наступний, **третій, розділ** дисертаційної роботи присвячено опису запропонованої методики реконструкції МРТ-зображень за допомогою градієнтів поперечного магнітного поля з різним ступенем нестабільності. Наведено результати її застосування до реальних томограм, зважених за трьома параметрами (часами спін-спінової та спін-граткової релаксації та спінової густини). Крім того, у розділі наведено результати дослідження моделювання роботи приймальної системи томографа з врахуванням впливу шуму, що має нормальний розподіл. Нарешті, описано принципи методу компенсації спотворень у томографічних зображеннях, що базується на використанні сигналів, отриманих при декількох орієнтаціях поперечного градієнтного магнітного поля, а також показано можливості такого підходу щодо збільшення роздільної здатності томограм.

**Четвертий розділ** у першій своїй частині зосереджує увагу читача на особливостях формування МРТ-сигналу для випадку, коли його джерелом є неоднорідний за своїм складом елемент об'єму досліджуваної речовини. Подібна система у роботі змодельована на прикладі трьох-компонентних елементів головного мозку, які можуть містити тканини сірої та білої речовин, а також набряку. Розраховано відсоткові значення переважаючого компоненту, необхідні для його виділення при використанні томограм, зважених за різними параметрами. У другій частині розділу представлені результати застосування гістограмного аналізу до виявлення границі між областями зображення, що відповідає різним типам тканин. Крім того, обґрунтовано значення часових параметрів імпульсів, які були б оптимальні для дослідження ділянок, що містять поєднання різних типів біологічних тканин.

**Висновки** дисертаційної роботи відповідають її змісту та поставленій меті.

**Додаток 1** містить список опублікованих праць за темою дисертації.

**Наукова новизна отриманих результатів** полягає у визначенні шляхів підвищення інформативності діагностичних зображень, отриманих у процесі магнітно-резонансного медичного дослідження.

**Ступінь обґрунтованості отриманих результатів** не викликає сумнівів, адже робота характеризується системним підходом до предмету дослідження та у її роботі використані сучасні методи роботи з великими масивами даних. Крім того, результати були представлені на 14 конференціях.

**Практичне значення дисертаційної роботи** Комарова Андрія Олександровича базується на наукових результатах проведених ним досліджень і полягає розробці методів підвищеної інформативності для обробки МРТ-сигналів та уточненні параметрів, яким мають відповідати системи формування градієнтних магнітних полів.

**Повнота викладення наукових результатів в опублікованих працях.** Список публікацій автора включає 2 статі у міжнародних журналах, що входять до наукометричної бази Scopus та мають квартиль Q3; 3 матеріалів конференцій, що також увійшли до бази Scopus та 11 тез доповідей на наукових конференціях. Публікації містять повноцінне викладення основних положень дисертації. Зміст анотації, поставлені мета та задачі відповідають ключовим положенням представленої дисертаційної роботи.

Водночас, під час ознайомлення з дисертацією виникли деякі зауваження.

1. На жаль, не для всіх використані джерела у списку наведена повна бібліографічна інформація. Наприклад, для посилань за номерами 51, 53 та 55 не наведено назви статей. Крім того, при оформленні переліку використаних джерел не витримано єдиний стиль.

2. Робота містить низку слів та словосполучень, які вимагають корекції з граматичної та змістової точки зору. Зокрема, слово «використовувана» (ст.19) не є правильним, незрозуміло що таке «межі електромагнітного спектру» (ст.19) та як частинка, орієнтована вздовж чи проти напрямку дії магнітного поля одночасно може прецесувати навколо цього напрямку (ст.20). Пункт 1.5.1 написано у надто конспективному стилі викладення інформації.

3. Оформлення деяких рисунків не є досконалим та не сприяє якісному сприйняттю пов'язаною з ними інформації. Наприклад, на рис.3.13 (с. 74) варто було забезпечити відмінність кривих не лише за кольором, що дозволяє їхнє чітке розрізнення лише у електронному варіанті роботи, а й за формою символів та/або типом з'єднувальних ліній. Крім того, цілком доречним було б навести на рисунку точність визначення коефіцієнта кореляції, враховуючи його невелику відмінність для використання різних варіантів зважування.

4. Зустрічається повтори інформації. Наприклад, абсолютно тотожні таблиці 3.1, 4.1 та 4.5, крім того їхній зміст також відображено в табл.1.1. Однакова інформація наведена у таблицях 4.2 та 4.4, нерозрізненні між собою формули (4.1) та (4.3) та рисунки 1.7 та 1.8 відповідно.

5. Рівняння (1.3) та графік на рис.1.6, який згідно з текстом роботи має відображати залежність наведеної формули, не відповідають один одному.

6. Третій результат роботи у поточному формулюванні виглядає достатньо тривіальним.

7. У розділі методи дослідження (ст.16) сказано, що були використані сучасні бібліотеки прикладних програм для розрахунків та роботі зі спеціалізованими форматами, проте в роботі не має згадок про назви застосованих програмних засобів.

8. На мій погляд, вимагає пояснення той факт, що на рис.1.7а (або 1.8а) крива, яка відповідає спинно-мозковій рідині не релаксує до нульових значень. Якщо причиною появи  $M_{xy}$  є прецесія, то її усереднення за час, значно більший періоду, має давати нульовий результат.

Варто зазначити, що згадані недоліки не стосуються наукових результатів, отриманих у роботі та не впливають на загальне позитивне враження. Загалом, дисертаційна робота є повноцінним та завершеним дослідженням, яке відповідає вимогам Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у вищих навчальних закладах (наукових установах), затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 23 березня 2016 р. №261 (зі змінами) та вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженому Постановою КМУ від 12 січня 2022 р. № 44 «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (зі змінами, внесеними згідно з Постановою КМУ № 341 від 21.03.2022 р.), а її автор Комаров Андрій Олександрович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 105 – прикладна фізика та наноматеріали.

Професор кафедри загальної фізики  
фізичного факультету  
Київського національного університету  
імені Тараса Шевченка,  
доктор фізико-математичних наук

Олег ОЛІХ