

ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу Литвиненка Ярослава Володимировича на тему:
«Методи ідентифікації сегментної та ритмічної структур циклічних сигналів в системах цифрової обробки даних», представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – Математичне моделювання та обчислювальні методи (технічні науки)

Актуальність теми дослідження

Важливе місце серед процесів та явищ дійсності посідають такі процеси, які характеризуються коливною структурою: від електромагнітних та акустичних явищ до економічних процесів, процесів в механіці та медицині. Багатолітній накопичений досвід в різних прикладних областях, зокрема, в медицині та сучасні потреби практики вимагають створення нових ефективних математичних засобів, які б дозволяли підвищити точність, достовірність та інформативність опрацювання таких циклічних сигналів. Зокрема дозволяли враховувати поняття змінного та постійного ритму, проводити його ідентифікацію та враховувати інформацію про просту циклічну структуру та складну зонну структуру циклічного сигналу.

Не зважаючи на значний розвиток автоматизованих систем опрацювання циклічних сигналів побудова сучасних ефективних систем вимагає створення нового математичного забезпечення, що потребує розгляду нових концепцій їх опрацювання.

У цьому контексті дисертаційна робота Литвиненка Я.В. є актуальною та своєчасною, яка спрямована на вирішення науково-прикладної проблеми розроблення методів ідентифікації сегментних та ритмічних структур циклічних сигналів. Саме вирішенню цієї науково-прикладної проблеми і присвячена дисертаційна робота Литвиненка Ярослава Володимировича.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, їхня достовірність

Теоретичні результати дисертаційної роботи в цілому обґрунтовані. Для доведення викладених положень автор застосував низку добре обґрунтованих у науці методів: циклічних функцій (циклічних функціональних відношень), теорії випадкових процесів, математичної статистики, функціонального аналізу, пошуку розладки випадкових процесів, інтерполяції функцій, найменших квадратів, розкладу функцій в ряди по ортогональних базисах, комп'ютерного моделювання сигналів та систем.

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, одержаних у дисертації, підтверджується результатами експериментальних досліджень, забезпечується узгодженням результатів розрахунків з даними

числових експериментів, математичною коректністю використаних критеріїв перевірки статистичних гіпотез і розрахункових формул.

Обґрунтованість висновків та положень дисертаційної роботи підтверджується коректністю застосування математичного апарату теорії ймовірності, математичної статистики та випадкових процесів, використанням здобутків теорії функцій та функціонального аналізу.

Висновки та положення, наведені в дисертаційній роботі, достатньо обґрунтовані та достовірні. Варто відзначити достатню апробацію результатів дисертаційного дослідження на наукових конференціях та семінарах, також їх впровадження у практику, підтверджену актами впровадження та захищену свідоцтвами про реєстрацію авторського права на розроблені програми.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження

В дисертаційній роботі дисертантом отримано такі нові наукові результати:

– Розроблений узагальнений підхід (методологія) до побудови методів сегментації циклічних сигналів. Дана методологія дозволяє будувати нові методи сегментації циклічних сигналів з використанням як детермінованого, так і стохастичного підходів щодо їх математичних моделей.

– Розроблені нові методи сегментації циклічних сигналів на основі створеної методології, які дозволили проводити ідентифікацію сегментних і ритмічних структур з більшою точністю в рамках детермінованої та стохастичної парадигми щодо використаних математичних моделей.

– Використання створених у роботі методів оцінювання ритмічної структури на основі інтерполяції квадратичним чи кубічним сплайном, дозволило удосконалити метод ідентифікації ритмічної структури циклічних сигналів і підвищити точність відомих методів опрацювання циклічних сигналів, зокрема: методу дискретизації, методу статистичної обробки та методу комп'ютерного моделювання циклічних сигналів у порівнянні з використаним відомих методом ідентифікації ритмічної структури на основі кусково-лінійної інтерполяції.

– Враховуючи розроблені методи, а саме: метод визначення додаткових елементів ритмічної структури, метод визначення оптимального полінома на відповідному сегменті та розроблені методи ідентифікації ритмічної структури на основі інтерполяції квадратичним чи кубічним сплайном, був розроблений метод адаптивної ідентифікації ритмічної структури циклічних сигналів. Це підвищило точність ідентифікації ритмічної структури циклічних сигналів.

– Обґрунтовано математичну модель процесу рельєфних утворень на поверхні металів, зумовленого механічним або лазерним ударно-хвильовим впливом на неї у вигляді циклічного випадкового процесу із сегментною структурою, що дозволило проводити діагностування та комп'ютерне моделювання цих процесів.

– В основу верифікації математичних моделей та розроблених у дисертаційній роботі методів ідентифікації сегментних і ритмічних структур був покладений створений метод перевірки гіпотези про належність досліджуваного сигналу до класу циклічних, що являє собою процедуру верифікації їх математичних моделей.

Значущість отриманих результатів для науки і практики

Наукове значення отриманих результатів полягає у розробленні нових методів ідентифікації сегментних та ритмічних структур циклічних сигналів та створенні програмних засобів, які їх реалізують, що дозволило підвищити точність опрацювання та комп'ютерного моделювання циклічних сигналів в автоматизованих системах аналізу, діагностики та прогнозу. Використання створеної методології сегментації дає можливість будувати нові методи ідентифікації сегментних структур циклічних сигналів на основі розробленого узагальненого теоретико-методологічного підходу.

Практичне значення отриманих у роботі результатів полягає у створенні алгоритмів опрацювання (на основі розроблених методів) та комплексу комп'ютерних програм, що можуть використовуватися в ефективних автоматизованих системах цифрової обробки даних, зокрема, в діагностичних та прогностичних комплексах.

Отримані в роботі результати були впроваджені у системах діагностики стану серця серії «CARDIO» спільного українсько-німецького ТОВ «МІДА» (м. Київ) та у медичному центрі ТОВ «МЕВІЗ» (м. Тернопіль). Окремі результати у вигляді комплексу комп'ютерних програм та його складових (програми для аналізу та моделювання циклічних сигналів) були впроваджені у навчальний процес закладів вищої освіти, зокрема: на кафедрі медичної інформатики та на кафедрі медичної фізики діагностичного та лікувального обладнання Тернопільського національного медичного університету імені І.Я. Горбачевського; на кафедрах комп'ютерних наук, автоматизації технологічних процесів і виробництв, менеджменту у виробничій сфері Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Створені в дисертаційній роботі методи сегментації (ідентифікації сегментних структур), методи ідентифікації ритмічних структур та комплекс комп'ютерних програм, в якому вони реалізовані, може застосовуватись в автоматизованих комп'ютерних системах діагностики стану серця та дослідницьких системах при опрацюванні циклічних економічних процесів і процесів поверхні рельєфних утворень металів при проведенні діагностики їх стану.

Дисертаційну роботу виконано в межах таких наукових тем: “Математичне моделювання, методи обробки та імітації біометричних циклічних сигналів в інформаційних системах”, номер держреєстрації №0106U009380; “Розробка математичного та програмного забезпечення інформаційних систем діагностики та аутентифікації людини за циклічними біометричними сигналами”, номер держреєстрації №0112U002203; “Розробка

нового методу технічного діагностування стану зварних швів магістральних газопроводів на основі статистичного аналізу їх структурної неоднорідності”, номер держреєстрації №0117U002245.

Повнота викладення результатів дисертаційної роботи в опублікованих працях та їх апробація

Положення, висновки та результати, які наведені у дисертаційній роботі отримані автором самостійно і повністю викладені у 64-х опублікованих наукових працях, з яких: 27 статей у періодичних фахових виданнях України та закордоном, серед них 9 наукових праць проіндексовані у міжнародній науково-метричній базі Scopus, 4 наукові праці – у науково-метричній базі Index Copernicus, 6 робіт опубліковано одноосібно, 30 публікацій у формі матеріалів та тез доповідей наукових конференцій, 7 – свідоцтв на реєстрацію авторського права на комп’ютерні програми.

Основні результати дисертації достатньо повно висвітлені в публікаціях і пройшли необхідну апробацію. Рівень та кількість публікацій відповідають чинним вимогам МОН України, щодо публікацій результатів дисертаційних робіт у фахових періодичних наукових виданнях.

Структура та зміст дисертації

Робота складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету роботи та основні завдання досліджень, викладено наукову новизну та практичну цінність одержаних результатів. Подано інформацію про особистий внесок здобувача, зв’язок роботи з науковими темами, апробацію роботи та наявні публікації.

У *першому* розділі проведено огляд систем цифрового опрацювання циклічних сигналів в медицині (системи кардіодіагностики), в механіці (системи дослідження стану поверхні металів), в економіці (системи аналізу та прогнозу циклічних економічних процесів). Здійснено огляд та порівняльний аналіз математичних моделей циклічних сигналів, які використовуються в системах діагностики та прогнозування. Проведено огляд та порівняльний аналіз методів сегментації, оскільки інформація про виділені сегменти циклічних сигналів (цикли та зони) необхідна для вирішення проблеми ідентифікації їх сегментних структур. Отримані результати аналізу дозволили сформулювати науково-прикладну проблему дисертаційного дослідження, яка полягає у розробці методів ідентифікації сегментних та ритмічних структур циклічних сигналів в системах цифрової обробки даних.

У *другому* розділі на основі врахування означень концептуальної моделі циклічних сигналів введені поняття двох типів сегментних структур: сегментна циклічна та сегментна зонна структури. Описані часові

співвідношення для даних структур. Дано поняття ритмічної структури, наведені її властивості та її зв'язок із сегментними структурами.

Сформульовано постановку завдання сегментації циклічних сигналів, яка включає в себе ідентифікацію отриманих сегментних структур.

Наведено таксономічне дерево математичних моделей циклічних функцій із сегментною структурою для яких розроблені методи сегментації (ідентифікації сегментних структур).

У *третьому* розділі розроблений узагальнений підхід до побудови методів сегментації (ідентифікації сегментних структур) циклічних сигналів. Даний підхід являє собою методологію сегментації циклічних сигналів з урахуванням детермінованої та стохастичної парадигми щодо обраної математичної моделі. Враховуючи основні принципи створеної методології, розроблені методи сегментації, які дозволяють виділяти сегменти цикли та сегменти зони циклічних сигналів дискретного аргументу та ідентифікувати отримані сегментні структури. Показано як сегментують розроблені методи різні циклічні сигнали, зокрема кардіосигнали різної фізичної природи (електрокардіосигнал, магнітокардіосигнал, реокардіосигнал та інші), циклічні механічні процеси рельєфних утворень на поверхні металів та економічні циклічні процеси. Проведено оцінювання точності розроблених методів та здійснено порівняння отриманих результатів з відомими методами.

У *четвертому* розділі розроблені методи ідентифікації ритмічної структури циклічних сигналів. Розроблені методи оцінювання ритмічних структур на основі інтерполяції квадратичним та кубічним сплайном та методу на основі кусково-лінійної інтерполяції. Розроблений метод оцінювання ритмічної структури шляхом визначення її додаткових елементів (відліків). Розроблено метод оцінювання оптимального полінома на відповідному сегменті. Розроблений метод адаптивної ідентифікації ритмічної структури циклічних сигналів який містить у своєму складі: відомий метод кусково-лінійної інтерполяції, нові методи інтерполяції на основі врахування квадратичного та кубічного сплайна, метод оцінювання оптимального полінома на сегменті та метод визначення додаткових елементів (відліків) ритмічної структури. Для розроблених методів проведено оцінювання їх точності та аналіз отриманих результатів. Аналіз отриманих результатів підтвердив підвищення точності оцінювання ритмічної структури на основі розроблених у роботі методів.

У *п'ятому* розділі показано, як впливає застосування розроблених методів оцінювання ритмічних структур циклічних сигналів на точність методів дискретизації, статистичного опрацювання та їх комп'ютерного моделювання. З цією метою проведено опрацювання (дискретизація, статистичне обробка та моделювання) реальних циклічних сигналів з врахуванням оцінених ритмічних структур розробленими у роботі методами:

електрокардіосигналів, процесів рельєфних утворень на поверхні металів, викликаних механічним чи лазерним ударно-хвильовим впливом на неї, економічних циклічних процесів. Отримані результати свідчать про підвищення точності при проведенні статистичного опрацювання та комп'ютерного моделювання реальних циклічних сигналів з врахуванням розроблених у роботі методів оцінювання ритмічних структур. Обґрунтовано використання математичної моделі у вигляді циклічного випадкового процесу для опрацювання реалізацій процесу рельєфних утворень на поверхні металів викликаних механічним чи лазерним ударно-хвильовим впливом на неї. Розроблений метод перевірки гіпотези про належність досліджуваного сигналу до циклічних, що використовується для верифікації математичних моделей циклічних сигналів.

У шостому розділі наведені основні математичні співвідношення для визначення інформативних ознак (діагностичних та прогностичних) та їх застосування та аналіз в автоматизованих системах при дослідженні електрокардіосигналів, процесів рельєфних утворень на поверхні металів викликаних механічним чи лазерним ударно-хвильовим впливом на неї та циклічних економічних процесів. Описано комплекс комп'ютерних програм для автоматизованого опрацювання циклічних сигналів, створено на основі методів розроблених у дисертаційній роботі.

У висновках наведені основні наукові положення, отримані в дисертаційній роботі.

У додатках наведені розроблені комп'ютерні програми, 7 - свідоцтво на реєстрацію авторського права на розроблені комп'ютерні програми, 7 - актів впровадження цих програм.

Оформлення дисертації та автореферату

Автореферат відображає в повному обсязі основні наукові результати роботи, практичну значущість та висновки.

Дисертаційна робота та автореферат оформлені у відповідності з чинними вимогами, що ставляться МОН України до докторських дисертаційних робіт. Робота та автореферат написані логічно, доступно на достатньо високому науковому рівні.

У першому розділі докторської дисертації, лише в оглядовій частині, дано порівняння результатів кандидатської дисертації Литвиненка Я.В., а саме математичної моделі та розробленого методу. Жодне із наукових положень, досліджень, результатів та висновків, які виносилися на захист кандидатської дисертації Литвиненка Я.В. на тему: «Моделювання та методи визначення зонної часової структури електрокардіосигналу в автоматизованих діагностичних системах», не винесені на захист у представленій докторській дисертаційній роботі.

Зауваження до дисертаційної роботи та автореферату

1. У підпункті 3.4.1 дисертаційної роботи не зазначено яким методом здійснюється комп'ютерне моделювання реалізацій тестових, циклічних сигналів, моделями яких є детермінована циклічна числова функція дискретного аргументу із сегментною структурою.

2. В роботі є повтор формул: у другому розділі – формули (2.5), (2.6) та у першому розділі це формули (1.2) та (1.3) відповідно.

3. На рисунку (див. рис. 3.4 та рис. 3.10) дисертаційної роботи, доцільно було б позначити, як множину, дискретну ритмічну структуру, а саме у фігурних дужках.

4. При описі складових формули 4.56, допущена неточність, а саме: при поясненні позначення говориться про моменти часових відліків, які входять у відповідну множину, окрім відліків першого циклу, проте позначення відліків починається з одиниці, що відповідає відлікам першого циклу.

5. В авторефераті не зазначено чому обмежились третім степенем полінома при використанні розробленого методу визначення оптимального полінома на відповідному сегменті.

Загальні зауваження не є принциповими і не можуть вплинути на загальну позитивну оцінку теоретичного та прикладного значення отриманих у роботі результатів.

Загальні висновки

Дисертаційна робота Литвиненка Ярослава Володимировича на тему: «Методи ідентифікації сегментної та ритмічної структур циклічних сигналів в системах цифрової обробки даних» є завершеним, кваліфікаційним науковим дослідженням, в якому отримано нові науково обґрунтовані результати, які мають наукову та практичну цінність, що в сукупності вирішують актуальну науково-прикладну проблему створення нових методів ідентифікації сегментних та ритмічних структур циклічних сигналів. Створення цих методів дозволяє підвищити точність опрацювання та комп'ютерного моделювання циклічних сигналів в цифрових системах діагностики та прогнозування.

Дисертаційна робота Литвиненка Ярослава Володимировича відповідає паспорту спеціальності 01.05.02 – Математичне моделювання та обчислювальні методи (технічні науки).

Автореферат дисертаційної роботи відповідає змісту дисертації і відображає його в повному обсязі. Ознаки академічного плагіату в роботі відсутні.

Опубліковані Литвиненком Я.В. наукові праці за темою дослідження повністю відображають основні положення дисертації та пройшли необхідну

апробацію. У докторській дисертації не використовуються наукові положення, матеріали та висновки кандидатської дисертації здобувача.

Судячи зі змісту дисертації, Литвиненко Ярослав Володимирович виявив себе як ерудований, висококваліфікований спеціаліст в галузі математичного моделювання та обчислювальних методів, зокрема, в розробці методів ідентифікації сегментних та ритмічних структур циклічних сигналів, що впевнено володіє як теоретичними, так і практичними методами досліджень та сучасними засобами розробки відповідного програмного забезпечення для автоматизованих систем опрацювання циклічних сигналів.

Загалом, за актуальністю теми, теоретичною цінністю та практичною значимістю отриманих результатів та публікаціями результатів дослідження дисертаційна робота «Методи ідентифікації сегментної та ритмічної структур циклічних сигналів в системах цифрової обробки даних», повністю відповідає вимогам п.п. 9, 10, 12, 13, 14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. №567, що ставляться до дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, а її автор, Литвиненко Ярослав Володимирович, заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – Математичне моделювання та обчислювальні методи (технічні науки).

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри економіко-математичного
моделювання та інформаційних технологій
Національного університету «Острозька академія»



Власюк А.П.

ПІДПИС
ПІЦТЕР ЖУЮ
НАЧАЛЬНИК ВІДДІЛУ
КАДРІВ НАУ «ОА»

