

ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, старшого наукового співробітника Романа Михайловича Юзефовича на дисертаційну роботу Ярослава Володимировича Литвиненка 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 дисертаційної роботи

Створення нових та вдосконалення існуючих систем цифрового опрацювання циклічних сигналів, які здійснюють автоматизовану діагностику чи формують прогноз, є важливою і актуальною науково-технічною діяльністю яку здійснюють як в Україні так і закордоном. При цьому створюються різноманітні автоматизовані системи дослідження циклічних сигналів. Серед них можна виділити системи діагностики серцевих захворювань, розробка яких становить один із провідних напрямків досліджень сучасної медицини та телемедицини, оскільки за даними експертів Всесвітньої організації охорони здоров'я серцево-судинні захворювання є основною причиною смертності та інвалідності населення. Діагностика за допомогою ефективних автоматизованих систем дозволяє виявляти захворювання на ранішніх етапах прогресування серцевих хвороб та проводити їх лікування. Крім цього створення автоматизованих систем діагностики стану поверхні металу є важливим та актуальним у народному господарстві та у військово-промисловому комплексі.

Створення нових автоматизованих систем діагностики чи прогнозу передбачає розробку математичної моделі та створення на її основі методів опрацювання циклічних сигналів. При створенні методів опрацювання циклічних сигналів розв'язують низку завдань серед яких значної уваги надають сегментації циклічних сигналів та оцінюванні їх ритму. Від точності, достовірності та коректності роботи методів сегментації та методів оцінювання ритму в значній мірі залежить кінцевий результат діагностики чи прогнозу у відповідних автоматизованих системах їх цифрового опрацювання. Одним із завершальних етапів проектування автоматизованих систем є втілення розроблених методів у спеціалізоване програмне забезпечення.

Тому, дисертаційна робота Я. В. Литвиненка, яка присвячена вирішенню науково-прикладної проблеми, що полягає у створенні нових методів та програмних засобів ідентифікації сегментних та ритмічних структур циклічних сигналів, які дозволяють підвищити точність їх опрацювання є актуальною.

Загальна характеристика роботи

Дисертаційна робота складається з вступу, шести розділів, висновків та додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і завдання дослідження, визначено об'єкт, предмет, методи дослідження, визначено наукову новизну і практичне значення одержаних результатів, представлено загальну характеристику роботи, структуру та обсяг дисертації. Наведено відомості про впровадження результатів роботи, апробацію, особистий внесок автора, а також публікації за темою дисертації.

У першому розділі проаналізовано існуючі систем цифрової обробки циклічних сигналів різної фізичної природи та структури, математичні моделі які використовуються у сучасних системах діагностики та прогнозу з точки зору їх адекватності, а також створені на їх основі методи опрацювання, зокрема методи сегментації з позиції їх точності, достовірності та інформативності отриманих на їх основі діагностичних та прогностичних ознак. Такий аналіз дозволив виявити недоліки та сформулювати науко-прикладну проблему дисертаційного дослідження – ідентифікації сегментних та ритмічних структур циклічних сигналів в системах їх цифрового опрацювання. Та обґрунтувати використану у роботі математичну модель циклічних сигналів, яка враховує їх змінний чи постійний ритм та повторювану структуру, наявність циклів та зон в межах циклів. Враховуючи проведений огляд, обґрунтовану математичну модель та виокремлену науко-прикладну проблему були сформульовані мета та завдання наукового дослідження.

У другому розділі описана концептуальна модель структур циклічних сигналів в яку ввійшли поняття сегмента, циклу та зони. Оскільки для задач діагностики важливим є визначення меж сегментів-циклів та сегментів-зон тому в роботі описано дві сегментних структури: сегментна циклічна та сегментна зонна структури. Наведені часові співвідношення для сегментних структур, дано означення поняттю ритмічної структури наведені її властивості та її зв'язок із сегментними структурами.

Враховуючи описані сегментні структури та характеристики математичної моделі сформульовано постановку завдання сегментації циклічних сигналів, яка включає в себе ідентифікацію отриманих сегментних структур.

У третьому розділі розроблено узагальнений підхід до побудови методів сегментації (ідентифікації сегментних структур) циклічних сигналів у вигляді методології їх сегментації з урахуванням двох підходів детермінованого та стохастичного, залежно від обраної математичної моделі. На основі узагальненого підходу створена система методів сегментації які дозволяють опрацювати, сегментувати циклічні сигнали дискретного аргументу та проводити ідентифікацію отриманої сегментної структури. Проведено

оцінювання точності розроблених методів сегментації та аналіз отриманих результатів. Наведено результати застосування розроблених методів сегментації у різних галузях: медицині, механіці, економіці для сегментації: циклічних кардіосигналів, циклічних механічних процесів рельєфних утворень на поверхні металів викликаних механічним або лазерним ударно-хвильовим впливом на неї та економічних циклічних процесів.

У четвертому розділі, враховуючи інформацію отриману на основі розроблених методів сегментації, ідентифікувавши при цьому відповідну сегментну структуру, розроблено методи ідентифікації ритмічної структури циклічних сигналів. Описані розроблені методи оцінювання ритмічних структур: квадратичним сплайном та кусково-лінійної інтерполяції; кубічним сплайном та кусково-лінійної інтерполяції. Описано розроблений метод оцінювання ритмічної структури шляхом визначення її додаткових елементів (відліків). Розроблено метод оцінювання оптимального полінома на відповідному сегменті-циклі чи сегменті-зоні. Розроблений метод адаптивної ідентифікації ритмічної структури циклічних сигналів в який ввійшли: відомий метод кусково-лінійної інтерполяції та нові розроблені в роботі методи. Проведено оцінювання точності розроблених методів та аналіз отриманих результатів.

У п'ятому розділі проведені експерименти, які підтвердили підвищення точності методів опрацювання циклічних сигналів, а саме дискретизації, статистичного опрацювання та їх комп'ютерного моделювання, при використанні в цих методах оцінених ритмічних структур отриманих на основі розроблених у роботі методів. Наведені приклади застосування методів статистичного опрацювання до реальних циклічних сигналів у медицині при опрацюванні електрокардіосигналів, у механіці при опрацюванні процесів рельєфних утворень на поверхні металів викликаних механічним чи лазерним ударно-хвильовим впливом на них та в економіці при опрацюванні циклічних економічних процесів. Наведено результати комп'ютерного моделювання з урахуванням різних оцінених ритмічних структур та інформації, отриманої методами їх статистичного опрацювання, проведена оцінка похибок результатів моделювання із врахуванням оцінених різних ритмічних структур отриманих на основі розроблених у роботі методів. Розроблений новий метод перевірки гіпотези про належність досліджуваного сигналу до циклічних (процедура верифікації циклічності). Обґрунтовано використання математичної моделі у вигляді циклічного випадкового процесу та методів статистичного опрацювання процесів рельєфних утворень, що виникають на поверхні металів під механічною чи лазерною ударно-хвильовою дією на неї.

У шостому розділі дисертаційної роботи проведено апробацію теоретичних положень наукового дослідження при опрацюванні циклічних сигналів в

різних сферах: технічної кардіометрії за кардіосигналами, в механіці за процесами рельєфних утворень на поверхні металів та в економіці за циклічними економічними процесами. Наведено основні математичні співвідношення для визначення інформативних ознак (діагностичних та прогностичних) та їх дослідження та аналіз в автоматизованих системах у медицині, механіці та економіці. Описано функції які реалізовані у створеному комплексі комп'ютерних програм для автоматизованого опрацювання циклічних сигналів, який дозволяє їх опрацьовувати розробленими у дисертаційній роботі методами.

У висновках висвітлені отримані основні наукові положення дисертаційної роботи.

У додатках наведені фрагменти створених програм, свідоцтва на реєстрацію авторського права на комп'ютерні програми (загалом – 7), акти впровадження цих програм, які ґрунтуються на розроблених у роботі методах (загалом – 7).

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

Автором дисертаційної роботи виконаний ґрунтовний аналіз визначеної проблематики, здійснене комплексне теоретичне та практичне обґрунтування шляхів її вирішення.

Обґрунтованість наукових результатів, висновків та положень, викладених в дисертаційній роботі, підтверджується математичною коректністю та строгістю постановок завдань, критеріїв і розрахункових формул, ретельним систематичним аналізом отриманих результатів.

Достовірність отриманих результатів забезпечується коректним використанням методів досліджень та розробленого математичного апарату, підтверджується результатами експериментальних досліджень та результатами комп'ютерного моделювання, а також перевіркою на практиці. Отримані результати на практиці відображені в актах впровадження. Практична реалізація та впровадження теоретичних положень дисертаційної роботи у реальних системах підтверджує достовірність отриманих результатів.

Висновки та положення наведені в дисертаційній роботі достатньо обґрунтовані та достовірні.

Наукова новизна одержаних у дисертаційній роботі результатів

У роботі отримано нові наукові результати. Вважаю, що такими новими результатами, отриманими здобувачем є:

1. Розроблена методологія сегментації циклічних сигналів, моделями яких є циклічні функції із врахуванням сегментної структури. Вона дає можливість

побудови нових методів (ідентифікації сегментних структур) з використанням як детермінованого так і стохастичного підходів.

2. Створено систему нових методів сегментації циклічних сигналів, що дало змогу проводити ідентифікацію сегментних і дискретних ритмічних структур з підвищеною точністю в рамках детермінованих і стохастичних математичних моделей зі змінним та постійним ритмом.

3. Удосконалено метод ідентифікації ритмічної структури циклічних сигналів за рахунок використання методів інтерполяції квадратичним чи кубічним сплайном, це дозволило підвищити точність відомих методів опрацювання, зокрема методу дискретизації, методу статистичної обробки та методу комп'ютерного моделювання циклічних сигналів у рамках їх математичних моделей у порівнянні з відомим методом ідентифікації ритмічної структури на основі кусково-лінійної інтерполяції.

4. Розроблено метод адаптивної ідентифікації ритмічної структури циклічних сигналів, який містить як свої складові метод визначення додаткових елементів ритмічної структури та метод визначення оптимального полінома на відповідному сегменті, що дало змогу підвищити точність ідентифікації ритмічної структури циклічних сигналів.

5. Розроблено метод перевірки гіпотези про належність досліджуваного сигналу до класу циклічних, який покладено в основу верифікації математичних моделей та розроблених у дисертаційній роботі методів ідентифікації сегментних і ритмічних структур.

6. Вперше обґрунтовано математичну модель та методи статистичного опрацювання процесу рельєфних утворень на поверхні металів, зумовленого механічним або лазерним ударно-хвильовим впливом на неї, як циклічного випадкового процесу із сегментною структурою, що підвищило точність їх технічного діагностування та комп'ютерного моделювання процесів рельєфних утворень.

Значення одержаних результатів для практики

Створені в дисертаційній роботі методи ідентифікації сегментних та ритмічних структур та розроблене на їх основі програмне забезпечення у вигляді комплексу комп'ютерних програм, може застосуватись, як спеціалізоване програмне забезпечення, в автоматизованих комп'ютерних системах діагностики стану серця. Такі системи можуть бути використані у клініках з метою проведення функціональної діагностики та науково-експериментальних лабораторіях медичного та фізіологічного напрямку для проведення науково-дослідницької роботи.

Результати дисертаційного дослідження були впроваджені для опрацювання циклічних сигналів серця в діагностичних комплексах серії

“CARDIO” спільного українсько-німецького ТОВ “МІДА” (м. Київ), у медичному центрі ТОВ “МЕВІЗ” (м. Тернопіль).

Ряд програм, із створеного комплексу, можуть бути використані в системах технічного діагностування стану поверхні металів за циклічними процесами рельєфних утворень та в системах аналізу і формування прогнозу за економічними циклічними процесами під час проведення науково-дослідних експериментів.

Окремі результати дисертаційного дослідження були отримані при виконанні таких наукових тем: “Математичне моделювання, методи обробки та імітації біометричних циклічних сигналів в інформаційних системах” (№ держреєстрації 0106U009380); “Розробка математичного та програмного забезпечення інформаційних систем діагностики та аутентифікації людини за циклічними біометричними сигналами” (0112U002203); “Розробка нового методу технічного діагностування стану зварних швів магістральних газопроводів на основі статистичного аналізу їх структурної неоднорідності” (0117U002245).

Рекомендації щодо використання результатів дисертації

Наукові результати, отримані в дисертаційній роботі, можуть бути використані при побудові нових методів сегментації циклічних сигналів (методологія сегментації). Створені в дисертаційній роботі методи сегментації (методи ідентифікації сегментних структур) та методи оцінювання ритмічних структур, які реалізовані у створеному комплексі комп’ютерних програм, можуть застосуватись, як складова частина спеціалізованого програмного забезпечення в системах цифрового опрацювання циклічних сигналів під час проведення наукових досліджень. Проведені в роботі дослідження та запропоновані методи опрацювання циклічних сигналів мають практичне значення для потреб автоматизованої діагностики: а) серцевих захворювань; б) стану поверхні металів; в) для потреб прогнозування економічних циклічних процесів, що в свою чергу доводить практичну корисність теоретичних та експериментальних досліджень.

Повнота викладення результатів дисертаційної роботи у наукових працях та їх апробація

За темою дисертаційної роботи опубліковано 64 наукових праці, у тому числі 27 статей у наукових фахових періодичних виданнях України та виданнях іноземних держав, 30 – матеріалів тез конференцій. Дев’ять наукових статей індексується у наукометричній базі Scopus, чотири статті у наукометричній базі Index Copernicus, опубліковано 6 наукових праць без співавторів та 7 свідоцтв України про реєстрацію авторського права на комп’ютерні програми.

Рівень та повнота публікацій відповідають чинними вимогам МОН, щодо публікацій результатів дисертаційних робіт у фахових наукових виданнях.

Основні теоретичні та практичні результати дисертаційної роботи достатньо повно висвітлені у публікаціях та доповідались і обговорювались на науково-технічних та науково-практичних конференціях та семінарах, зокрема на науковому семінарі лабораторії вібродіагностики Фізико-механічного інституту імені Г.В. Карпенка НАН України та отримала позитивну оцінку.

Оформлення дисертації та автореферату

Автореферат дисертації достатньо інформативний, його зміст повністю відповідає змісту дисертаційної роботи. Текст дисертації добре структуровано, написано ясно, логічно на достатньо високому науковому мовностилістичному рівні.

Наукові положення та результати докторської дисертації Литвиненка Я.В., які виносяться на захист, не містять результатів та висновків його кандидатської дисертації на тему: "Моделювання та методи визначення зонної часової структури електрокардіосигналу в автоматизованих діагностичних системах". У першому (оглядовому) розділі докторської дисертації лише дано порівняльну оцінку результатів його кандидатської дисертації, які стосуються розроблених в ній математичної моделі та методу.

Дисертація та автореферат викладені логічно, послідовно та коректно. Оформлення автореферату та дисертації повністю відповідає вимогам, рекомендованим Міністерством освіти і науки України, зокрема п. 9, п. 10, п. 12, п. 13, п. 14 "Порядку присудження наукових ступенів", затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. №567.

Зауваження до дисертаційної роботи та автореферату

1. У роботі слід було чіткіше описати зв'язок запропонованої моделі циклічних сигналів із вже існуючими в літературі, і які розроблені на основі як детерміністичного, так і стохастичного підходів (періодичні та майже періодичні функції, періодично та майже періодично нестаціонарні випадкові процеси та їх узагальнення, емпіричні моделі N. E. Huang та ін.), подати, наприклад, ієрархічну структуру моделей і отриманих на їх основі результатів. Це б дало змогу краще зрозуміти місце та значення отриманих результатів.

2. Багатьом природнім, так і штучно створеним циклічним сигналам властиві стохастичні зміни як амплітуди, так і фази ритму, причому зміни останньої можуть руйнувати циклічну структуру процесу, як це маємо, наприклад, при аналізі коливань, що описують стаціонарними вузькосмуговими випадковими процесами. Статистично стійким в останньому випадку (в рамках теорії другого порядку) є тільки кореляційна функція і спектральна густина

потужності. Чи є такий циклічний сигнал окремим випадком запропонованого підходу та при яких умовах? Чи не є таким рельєф поверхні металів?

3. В існуючих моделях циклічних сигналів параметрами, що описують форму детермінованих і стохастичних циклічних змін є коефіцієнти Фур'є моментних функцій першого і другого порядку. Умови статистичної стійкості цих величин здебільшого виконуються при аналізі циклічних сигналів, тому амплітудні та фазові спектри першого й другого порядків ефективно використовуються для дослідження структури фізичних явищ, для технічної і медичної діагностики, в задачах прогнозу, в теорії зв'язку, в енергетиці і т.п. У роботі, на жаль, це не відмічено.

4. Розроблена в літературі методологія дослідження циклічних сигналів містить не тільки кореляційний, а й спектральний аналіз, а до останнього відносяться розділи частотно-часового аналізу (миттєва спектральна густина, Wigner-Ville спектр). Названі величини оцінюються на основі експериментальних даних методами, яким не властиві ті недоліки, що мають методи часово-спектрального аналізу згадані в роботі. На це слід було би звернути увагу.

5. Характеристики, які вибираються для опису циклічних сигналів повинні бути статистично стійкими. Статистична стійкість величин може бути доведена виходячи з їх розподілів. Чи є такими параметри, які вибрані в роботі?

6. Крок дискретизації традиційно вибирають на основі статистичного аналізу, виходячи з поставленої задачі обробки й спектральних властивостей сигналу. Є також відомі в літературі теореми відліків для різних типів сигналів, а також критерії (теорема Шеннона-Котельнікова, критерій Найквіста). Як це узгоджується з результатами, отриманими автором?

7. У дисертаційній роботі зустрічаються граматичні помилки, а також деякі рисунки важкі до сприйняття (наприклад, рис. 4.12, рис. 4.13, рис. 5.19).

Наведені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Загальна оцінка роботи

Дисертаційна робота Литвиненка Я.В. "Методи ідентифікації сегментної та ритмічної структур циклічних сигналів в системах цифрової обробки даних" за змістом, обсягом, оформленням та науковою новизною відповідає чинним вимогам МОН України, які висуваються до робіт на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, зокрема вимогам п.п. 9, 10, 12, 13, 14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. №567. Дисертація написана зрозумілою науково-технічною мовою, послідовно, логічно і грамотно. Стиль викладення матеріалу забезпечує доступність його сприйняття.


Автореферат дисертації достатньо повно розкриває суть та зміст роботи. У дисертації не використовуються матеріали та висновки кандидатської дисертації здобувача. В дисертаційній роботі не виявлено ознак академічного плагіату.

Дисертаційна робота за змістом є закінченим кваліфікаційним науковим дослідженням, що містить нові науково-обґрунтовані результати, має наукову та практичну цінність, вирішує важливу наукову проблему, що полягає у створенні нових методів ідентифікації сегментних та ритмічних структур циклічних сигналів, застосування яких дозволяє підвищити точність їх опрацювання та комп'ютерного моделювання в автоматизованих системах цифрової обробки даних. Вона відповідає паспорту спеціальності 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи (технічні науки).

За науковим рівнем, практичною цінністю, апробацією та публікаціями результатів дослідження дисертаційна робота відповідає чинним вимогам, а її автор – Ярослав Володимирович Литвиненко заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи (технічні науки).

Офіційний опонент:

завідувач лабораторії вібродіагностики
Фізико-механічного інституту
ім. Г. В. Карпенка НАН України,
доктор технічних наук,
старший науковий співробітник

 - Р. М. Юзефович

