

Відгук офіційного опонента

на дисертацію Носова Павла Сергійовича

«НАУКОВО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ ЕРГАТИЧНИМИ СИСТЕМАМИ НАВІГАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ»,

подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

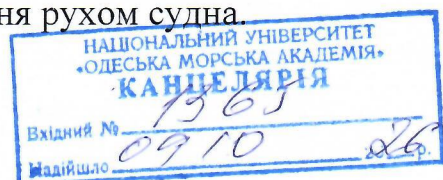
за спеціальністю 05.22.13 – навігація та управління рухом

1. Актуальність теми дисертації. Актуальність дисертаційної роботи П. С.

Носова зумовлена необхідністю забезпечення надійного оцінювання ризику в ергатичних системах навігації, в яких технічні засоби функціонують у безпосередній взаємодії з оператором. Наявність таких джерел інформації, як AIS, ECDIS та інші засоби навігаційного забезпечення, сама по собі не гарантує своєчасності прийняття рішення судноводієм, оскільки ефективність використання цієї інформації визначається станом і діяльністю судноводія. Це зумовлює необхідність наукового обґрунтування способів урахування діяльності оператора під час аналізу руху судна та формування системи підтримки прийняття керувальних рішень.

Практична значущість дослідження визначається суспільною та галузевою потребою у завчасному виявленні небезпечних тенденцій у процесі судноводіння. Водночас для коректного оцінювання наукового внеску дисертанта визначальне значення мають встановлені в роботі закономірності (залежності), межі їх достовірності (області застосовності отриманих результатів), а також чітке розмежування між прикладною актуальністю дослідження та його науковою доказовістю.

Мета роботи полягає у підвищенні рівня безпеки мореплавства шляхом розроблення науково-методологічних засад, моделей, методів і засобів оцінювання та управління ризиками, зумовленими людським фактором, в ергатичних системах навігаційного забезпечення. Досягнення мети передбачає формалізацію станів оператора, інтелектуальну обробку даних AIS/ECDIS та реалізацію адаптивної підтримки прийняття рішень у процесах управління рухом судна.



Сформульовані мета і завдання дослідження узгоджуються з об'єктом і предметом дослідження. Позитивною рисою постановки завдання слід визнати наявність окремого етапу експериментальної перевірки, що уможливорює зіставлення теоретичних (концептуальних) положень роботи з результатами натурних спостережень і математичного моделювання. Під час оцінювання ступеня завершеності дисертаційного дослідження необхідно окремо враховувати повноту виконання цього етапу для кожної з основних груп розроблених методів.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами. Зв'язок дисертації з науковими програмами конкретизовано у вступі через участь здобувача у виконанні науково-дослідних робіт «Створення високоточних інтелектуальних систем управління рухом морських суден військового та цивільного призначення» (0117U002176), «Розробка програмних засобів для підвищення якості функціонування систем динамічного позиціонування морських суден» (0119U100948), «Розробка новітніх моделей та програмних засобів для автоматизованих систем керування рухом морських суден цивільного та спеціального призначення» (0121U109680), «Інформаційні системи управління та підтримки прийняття рішень щодо розвитку інфраструктури морських перевезень в умовах воєнного стану» (0124U001164) та «Розробка методів зниження впливу фактору людини в автоматизованих системах керування рухом судна» (0125U001788). Тематика цих робіт узгоджується із завданнями дисертації щодо обробки AIS/ECDIS-даних, оцінювання станів оператора та зниження ризику в системах керування рухом судна.

3. Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій. Для розв'язання поставлених завдань автор застосовує сукупність методів системного аналізу та синтезу, математичного, структурного, інформаційного та ситуаційного моделювання, формалізації і уніфікації AIS/ECDIS-даних, фрактального, статистичного і ризик-орієнтованого аналізу, аналітичної геометрії, теорії автоматичного та оптимального управління, підтримки прийняття рішень, а також імітаційного, тренажерного та прикладного експерименту. Сформований методичний апарат є адекватним багаторівневій природі досліджуваної проблеми.

Доказова база складається з кількох різних видів перевірки: AIS/ECDIS-проходи використовуються для оцінювання траєкторних індексів; дані діяльності операторів – для часових і поведінкових моделей; імітаційні сценарії – для аналізу інтегрального ризику; експертні протоколи – для валідації LOG-проходів.

Табл. 6.2 (с. 388) конкретизує цей принцип: у ній окремо подано перевірку придатності даних ICH3, траєкторної мікроеваріативності, відповідності фактичного проходу експертно-заданому ECDIS-профілю, операторсько-часових характеристик, інтегрального ризику та експертної LOG-валідації. На мій погляд, суттєво, що ці рівні не є взаємозамінними: статистична стійкість траєкторного індексу не підтверджує автоматично стан оператора, а сценарна узгодженість моделі не замінює перевірки її експлуатаційного ефекту.

Безпосереднє статистичне підтвердження наведено в табл. 6.4 (с. 393). Коефіцієнт Спірмена між *chaos_score* та кодом тяжкості навігаційного ризику становить 0,465872403 для повної вибірки та 0,604712534 для робастної підмножини. Посилення зв'язку після контролю віконного покриття є аргументом на користь стійкості виявленого статистичного зв'язку.

Статистичне підтвердження також не зводиться до одного коефіцієнта кореляції. Через ненормальність розподілів і порядковий характер категорій ризику автор застосовує критерій Краскела–Волліса, парні порівняння Манна–Вітні та рангову кореляцію Спірмена. У сукупності вони підтверджують групові відмінності та монотонний зв'язок, але не визначають точність класифікації окремого проходу. Тому часткове перекриття груп на рис. 6.3 є важливою межею інтерпретації, а не суперечністю отриманому статистичному результату.

На с. 415 описано збір даних щодо 76 операторів упродовж восьми місяців. Отримані результати узгоджуються з висновками щодо часової організації дій у тренажерному середовищі. Для оцінювання внутрішнього стану людини додаткове значення мають зовнішні спостереження та експертні свідчення, наведені в підрозділах 6.5–6.7.

У підрозділі 6.6 підтверджено внутрішню узгодженість моделі за заданими сценаріями. Цю оцінку додатково підтверджує аналіз чутливості, наведений у табл. 6.17 (с. 450). Найсильніший ранговий зв'язок з інтегральним показником мають

епізодичний фактор E , динамічний ризик $R_{dynamic}$, когнітивно-часовий фактор C , керувальний фактор U та показник динамічної стійкості S , для яких ρ перебуває приблизно в межах 0,985–0,989. Наведені коефіцієнти характеризують поведінку розрахункової моделі за прийнятої параметризації.

Підрозділ 6.7 містить цільову вибірку з 78 LOG-проходів, відібраних із понад 300 траєкторій за наявністю показових ознак людського фактора (с. 451). Такий відбір відповідає завданню аналізу небезпечних епізодів, але обмежує перенесення частотних оцінок на всю сукупність звичайних рейсів.

Показовим є також приклад проходу 1.2.csv у підрозділі 6.7, де попередню оцінку *stable/moderate* після врахування карти, відеоматеріалів та ситуаційного контексту експерт скоригував стан оператора до *critical*, а рівень ризику до *critical*. Зміна первинної оцінки демонструє практичну цінність зовнішнього контекстного перегляду автоматизованого висновку. Оскільки експерт у робочому контурі бачить попередню автоматичну оцінку, описана процедура не дає змоги окремо визначити можливий вплив цієї підказки на його рішення.

Основні положення мають теоретичне обґрунтування та емпіричну підтримку. Достовірність результатів оцінюють позитивно в межах використаних даних і сценаріїв.

4. Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що:

Вперше:

розроблено концептуально-методологічну основу управління ергатичними системами навігаційного забезпечення, яка поєднує технічні, інформаційні, операторські та ризикові компоненти в узгодженому описі функціонування ІСНЗ і дає змогу враховувати стан оператора під час оцінювання ризику та формування керувальних рішень;

запропоновано концептуальну систему інтелектуальної обробки AIS/ECDIS-траєкторій, що передбачає послідовний перехід від різноформатних навігаційних даних через метричну нормалізацію та епізодне подання до формалізованих ознак мікроваріативності руху судна та їх інтерпретації з урахуванням навігаційного ризику;

розроблено інформаційно-аналітичний підхід до експериментальної діагностики кваліфікаційно-поведінкових характеристик оператора, який ґрунтується на зіставленні AIS/ECDIS-траєкторій, LOG-проходів, часових індикаторів та експертних оцінок. Поєднання цих даних із просторовим контекстом дає змогу перевіряти узгодженість виявлених ознак та обґрунтованість їх поведінкової інтерпретації.

Удосконалено:

Модель інформаційного поля оператора з формалізованими зв'язками між людиною, технічними засобами, середовищем і режимами керування; методи ідентифікації операторських станів на основі моделей уваги, суб'єктивного часу, антиципаційно-мотиваційних проявів і функціонального виснаження; методи оцінювання ризику та формування правил адаптивної підтримки керувальних дій.

Набули подальшого розвитку:

Системний підхід до дослідження узгодженості складових навігаційного забезпечення, методи локального фрактального аналізу траєкторій, формалізація людського фактора як внутрішнього параметра ІСНЗ, а також принципи побудови систем підтримки рішень та експертного аналізу. Оцінка цих положень спирається на їх математичне подання і наведені в роботі форми експериментальної перевірки.

5. Практичне значення та рекомендації щодо використання результатів.

Сфера практичного застосування результатів охоплює інтелектуальні ІСНЗ, системи підтримки прийняття рішень оператора, аналіз AIS/ECDIS-даних, діагностику операторських станів, оцінювання ризиків, автоматизоване керування рухом судна та тренажерну підготовку.

Найбільш безпосередньо практичну придатність підтверджують засоби аналізу проходів, експертної перевірки та тренажерної підготовки. Використання методів для поточної підтримки рішень є обґрунтованим напрямом розвитку, ступінь готовності якого слід визначати за результатами спеціальних експлуатаційних випробувань.

Окремий практичний напрям становить тренажерна підготовка. Траєкторні профілі, фрактальні епізоди, часові індикатори та LOG-аналіз можуть використовуватися як додаткові кількісні критерії оцінювання якості дій

оператора, його прогресу під час навчання та ефективності відпрацювання складних навігаційних сценаріїв.

Для тренажерного застосування принципово, що кількісні індикатори не підміняють професійного висновку інструктора. У завершальному контурі підрозділу 6.7 автоматизована оцінка має попередній статус, тоді як остаточний верифікований режим формується після експертного підтвердження або корекції. Такий порядок доцільно зберігати і при використанні траєкторних та часових показників як навчальних критеріїв.

Результати роботи впроваджені у навчальний процес морських закладів освіти та тренажерну підготовку морських фахівців, що підтверджує їх практичну спрямованість.

Результати доцільно застосовувати для оцінювання тренажерних проходів, формування експертних протоколів і порівняння дій оператора у заданих сценаріях. При використанні індексів у нових умовах необхідно перевіряти відповідність даних передумовам моделей та не переносити частотні оцінки цільової вибірки на всю сукупність рейсів.

6. Повнота викладення результатів у публікаціях та їх апробація. За результатами дисертаційного дослідження опубліковано 65 наукових праць та об'єктів інтелектуальної власності. Із них 39 публікацій представлено у профільних наукових виданнях, у тому числі 23 статті індексуються у Scopus та Web of Science. Опубліковано 25 праць у збірниках наукових праць і матеріалах конференцій, з яких 3 індексуються у Scopus. Основні результати апробовано на міжнародних і всеукраїнських наукових заходах. Також є 1 патент України на корисну модель.

Тематика публікацій охоплює ключові складові дисертації: людський фактор у судноводінні, діагностику операторських станів, автоматизоване керування рухом, аналіз навігаційних даних, траєкторні індикатори, моделювання та підтримку прийняття рішень, що свідчить про достатньо повне представлення основних наукових результатів дисертації у працях здобувача.

Апробація включає доповіді на конференціях із навігації й керування судном. Опублікування результатів забезпечило їх представлення для фахового обговорення. Особистий внесок здобувача у праці розкрито в дисертації.

7. Структура і зміст дисертації та відповідність реферату. Дисертація складається з анотації, переліку прийнятих скорочень, вступу, шести розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг роботи без урахування додатків становить 513 сторінок, основний текст викладено на 436 сторінках. Робота містить 124 рисунки та 66 таблиць, список використаних джерел налічує 357 найменувань.

Огляд у **першому розділі** завершується постановкою проблеми і вибором методів. Його функцію в роботі виконано: читач отримує підстави для переходу до авторських розробок. Найбільшої уваги під час оцінювання заслуговує зв'язок виявлених обмежень наявних підходів із завданнями наступних розділів.

Другий розділ визначає склад і взаємодію компонентів ІСНЗ. Доцільність запропонованих моделей полягає у можливості сформулювати змінні та зв'язки для подальшого дослідження. Аналогії, використані для опису стійкості, слід оцінювати за їхньою пояснювальною та розрахунковою функцією.

Результати **третього розділу** мають експериментальне продовження в підрозділі 6.2, який належить до найбільш переконливо представлених частин роботи: опис обробки даних можна зіставити з характеристиками вибірки, непараметричними перевірками та геоінформаційним поданням результатів.

Четвертий розділ охоплює кілька способів формалізації операторської діяльності. Їхня наукова цінність залежить від можливості співвіднести модельні величини зі спостережуваними даними. Подальша перевірка часових і поведінкових характеристик у шостому розділі забезпечує необхідне експериментальне підґрунтя для такого зіставлення.

П'ятий розділ об'єднує моделі оцінювання ризику та прикладні способи підтримки діяльності на містку. Підрозділ 5.4 має окремий формат дослідження і невелику вибірку, тому його результати оцінюю як локальну апробацію тренінгового підходу.

Шостий розділ дає змогу зіставити наукові твердження з відповідними способами перевірки. До його сильних сторін відношу подання вихідних характеристик даних, результатів розрахунків і протоколу експертної валідації.

Обмеження вибірок та модельних припущень при цьому мають залишатися частиною інтерпретації отриманих результатів.

Загальні висновки відповідають поставленим завданням і логічно узагальнюють отримані результати. Додатки містять матеріали, що підтверджують практичне використання, організацію експериментальних досліджень та результати інтелектуальної власності.

Композиція роботи є послідовною. В окремих місцях виклад перевантажений поясненнями інтеграції компонентів ІСНЗ. Зауваження стосується способу викладу і не змінює оцінки змістової завершеності дослідження.

Реферат дисертації виконує функцію стислого представлення основних положень дисертаційної роботи. У ньому відображено наукову проблему, мету і завдання, методи, ключові елементи наукової новизни, фрактально-епізодний аналіз, моделі операторських станів, ризик-орієнтовану складову та інтегральну експериментальну перевірку.

Результати, що наведені у Рефераті, відповідають основному змісту дисертації, а їх компактне представлення не призводить до принципової зміни наукового змісту або необґрунтованого розширення отриманих результатів.

8. Дотримання принципів академічної доброчесності. Питання академічної доброчесності відображено через посилання на попередні дослідження, список використаних джерел і пояснення внеску автора у співавторські праці. Здобувач зазначає, що в дисертації використано належні йому ідеї, положення та результати цих праць. За наданим звітом StrikePlagiarism.com коефіцієнт подібності КПІ становить 6,05 %.

9. Відповідність дисертації спеціальності 05.22.13. За предметом і результатами дослідження дисертація відповідає спеціальності 05.22.13 – навігація та управління рухом. Зокрема, робота стосується комплексної обробки навігаційної інформації, аналізу процесів керування рухом судна та закономірностей діяльності операторів у системах навігаційного забезпечення. Експериментальна перевірка траєкторних ознак і ризикових оцінок має безпосереднє навігаційне призначення.

10. Зауваження та запитання. За результатами аналізу дисертаційної роботи сформульовано зауваження щодо повноти доказів, відтворюваності оцінювання та меж узагальнення результатів, а саме:

1. У підрозділі 6.3 фактична ECDIS-траєкторія зіставляється з експертно-заданим профілем руху судна за координатними, швидкісними, курсовими та статистичними параметрами (с. 399–402, табл. 6.6). Оскільки результат залежить від способу формування референтного профілю, доцільно докладніше описати правила його побудови, вибору контрольних точок і допустимих відхилень. Відповідність такому профілю характеризує узгодженість проходу з прийнятим експертним зразком, але сама по собі не є вичерпним підтвердженням навігаційної безпеки.

2. В аналого-індикаторній моделі стійкості та керованої динаміки ергатичної системи (підрозділ 2.2, с. 99–122) структурні залежності поєднуються з експертними матрицями впливу, ваговими коефіцієнтами та сценарними параметрами. Для коректної інтерпретації результатів варто чіткіше розмежувати властивості, зумовлені структурою моделі, та ефекти, що залежать від обраної параметризації. Зазначена можливість подальшого уточнення параметрів за тренажерними й експлуатаційними даними потребує конкретизації щодо порядку такого уточнення.

3. Наведений у табл. 6.4 статистичний зв'язок `chaos_score` з категоріями ризику супроводжується частковим перекриттям їх розподілів на рис. 6.3. Тому виявлені групові відмінності не дають змоги однозначно визначити категорію ризику окремого проходу. У висновках доцільно виразніше зазначити це обмеження, а також урахувати, що результати для відібраної робастної підмножини не можна автоматично поширювати на всі записи.

4. У діалоговій експертній системі підрозділу 6.7 експерт бачить попередню автоматизовану оцінку та рівень ризику до формування власного висновку (рис. 6.45, с. 453), що створює можливість впливу попередньої оцінки на експертне судження й обмежує незалежність перевірки. Отриману узгодженість слід трактувати як результат спільної автоматизовано-експертної процедури; для

оцінювання незалежного збігу висновків потрібна додаткова перевірка без попереднього показу результату алгоритму.

5. У підрозділі 6.7 застосовано експертні шкали стресу, втоми, дефіциту уваги, затримки реакції та інших характеристик операторської діяльності. Приклад їх заповнення для проходу 1.2.csv наведено на рис. 6.50 і в табл. 6.19 (с. 460–461). Для відтворюваного використання цих шкал необхідно докладніше визначити спостережувані ознаки та критерії присвоєння кожної оцінки. Наведений приклад демонструє процедуру оцінювання, проте сам по собі не підтверджує міжекспертної узгодженості, яка потребує окремої перевірки.

6. Формувальний експеримент у підрозділі 5.4 проведено за участю трьох делегатів, причому індивідуальні результати є неоднорідними. Такий обсяг вибірки обмежує статистичне узагальнення. Висновки за цим експериментом варто чіткіше прив'язати до змін, зафіксованих у конкретних учасників за досліджених умов, а ширші твердження про ефективність запропонованого підходу залишити предметом подальшої перевірки.

7. Для підсумкової перевірки в підрозділі 6.7 із понад 300 траєкторій цілеспрямовано відібрано 78 проходів із помітними ознаками людського фактора. Такий відбір дає змогу дослідити характерні випадки, однак обмежує репрезентативність підмножини. У роботі доцільно виразніше відокремити висновки про функціонування системи на відібраних проходах від оцінок її якості за загальною сукупністю. Останні потребують незалежної вибірки, сформованої без відбору за вираженістю досліджуваних ознак.

8. Сценарне моделювання в підрозділі 6.6 підтверджує узгодженість поведінки інтегрального показника в межах прийнятих припущень. Водночас ця узгодженість не є достатнім доказом практичної ефективності підтримки оператора. У підсумкових висновках варто чіткіше розмежувати результати перевірки розрахункової моделі та дані, які безпосередньо свідчать про поліпшення рішень або зниження ризику завдяки застосуванню запропонованої підтримки.

Наведені зауваження визначають межі доказовості та узагальнення отриманих результатів. Вони не заперечують наукової цінності виконаних досліджень, але

потребують урахування під час оцінювання практичної готовності розробок. Загальну оцінку дисертаційної роботи вважаю позитивною.

11. Загальний висновок. Дисертаційна робота Носова Павла Сергійовича «Науково-методологічні основи управління ергатичними системами навігаційного забезпечення» є завершеним самостійним науковим дослідженням, у якому розв'язано актуальну науково-технічну проблему підвищення безпеки мореплавства шляхом розроблення науково-методологічних основ управління ергатичними системами навігаційного забезпечення.

Робота містить методологічні положення, моделі та програмно реалізовані процедури, для яких наведено різні форми перевірки. Найбільш предметно підтверджено можливості аналізу траєкторної мікроваріативності, дослідження часової організації дій оператора й експертної валідації тренажерних проходів.

Позитивний висновок щодо дисертації ґрунтується на зв'язку між вихідними даними, формалізованим показником, критерієм перевірки та сферою допустимої інтерпретації. Розмежування підтверджених результатів і напрямів подальшої валідації вважаю важливою ознакою завершеності докторського дослідження.

За актуальністю, науковою новизною, обґрунтованістю результатів та їх практичним значенням дисертація відповідає вимогам до докторських дисертацій, визначеним Порядком присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук, затвердженим постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 року № 1197 (зі змінами).

Автор роботи Носов Павло Сергійович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.13 – навігація та управління рухом.

Офіційний опонент, доктор технічних наук,
професор, директор навчально-наукового
інституту навігації Національного університету
«Одеська морська академія»



Ігор БУРМАКА