

ВІДГУК

опонента на дисертаційну роботу
Носова Павла Сергійовича «Науково-методологічні основи управління
ергатичними системами навігаційного забезпечення», яка подана на здобуття
наукового ступеня доктора технічних наук
за спеціальністю 05.22.13 навігація та управління рухом

1. Актуальність теми дисертації

Основне наукове питання, яке вирішується в дисертації Носова Павла Сергійовича, полягає в тому, щоб врахувати діяльність людини-оператора у формальному описі навігаційної системи. Автор розглядає оператора як учасника процесу, від якого залежать сприйняття інформації, ідентифікація і прийняття рішень, своєчасність дії та загальний ризик навігації. Постановка проблеми безпосередньо відповідає паспорту спеціальності 05.22.13, оскільки пов'язує дослідження людського фактора з інтелектуальною підтримкою керування рухом судна.

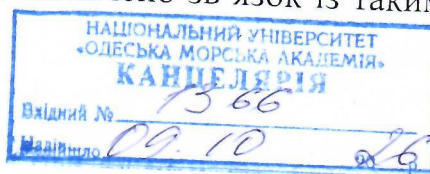
Актуальність роботи передусім полягає у необхідності узгодити різні рівні опису: навігаційну ситуацію, поведінку оператора та відповідну реакцію інформаційної системи навігаційного забезпечення (ІСНЗ). Між ними не існує простого взаємно однозначного зв'язку. Наукова цінність дослідження у спробі визначити спостережувані ознаки, модельні величини і правила їх спільної інтерпретації.

Сформульована мета дослідження – підвищення безпеки мореплавства шляхом розроблення науково-методологічних засад, моделей, методів і засобів оцінювання та управління ризиками людського фактора в ергатичних системах навігаційного забезпечення, що впливає з поставленої наукової проблеми. П'ять головних завдань утворюють послідовність від методологічного синтезу та інтелектуальної обробки даних сучасної морської навігації, які забезпечують безпеку судноводіння шляхом обміну даними та їх наочного відображення, а саме AIS/ECDIS-даних (AIS — автоматична ідентифікаційна система та ECDIS — електронна картографічна навігаційна інформаційна система) до формалізації операторських станів, управління ризиками та інтегральної експериментальної верифікації.

Об'єктом дослідження є ергатичні процеси управління навігаційним забезпеченням і рухом судна в умовах впливу людського фактора. Предметом дослідження є моделі, методи та механізми формалізації станів і надійності оператора, інтелектуальної обробки даних та адаптивної підтримки прийняття рішень у структурі управління ергатичними системами навігаційного забезпечення та управління рухом суден. Об'єкт і предмет дослідження визначено коректно та безпосередньо в межах спеціальності 05.22.13.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами

Дослідження розвиває тематику інтелектуального керування рухом суден і врахування людського фактора. У дисертації зазначено зв'язок із такими науково-дослідними роботами:



- «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);
- «Розробка методів зниження впливу фактора людини в автоматизованих системах керування рухом судна» (0125U001788).

Спільним для цих тем і дисертаційної роботи є дослідження взаємодії інформаційних, технічних та операторських складових навігаційного забезпечення.

3. Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій

У цілому, обґрунтованість отриманих результатів дослідження забезпечується коректним використанням теоретичних, чисельних та експериментальних методів дослідження, а саме методи:

- системного аналізу та синтезу,
- математичного, структурного, інформаційного і ситуаційного моделювання,
- формалізації та уніфікації AIS/ECDIS даних,
- фрактального, статистичного та ризик-орієнтованого аналізу,
- аналітичної геометрії, теорії автоматичного та оптимального управління,
- підтримки прийняття рішень,
- імітаційного, тренажерного й прикладного експерименту.

У роботі простежується спільний предмет - діяльність оператора в навігаційній ситуації. Водночас велика кількість способів формалізації потребує особливо чіткого пояснення того, які величини є вимірюваними, які — розрахунковими, а які — інтерпретаційними.

Єдність методології оцінюється за тим, чи зберігають її поняття своє значення під час переходу між моделями. У цьому аспекті показовою є формальна послідовність, наведена у другому розділі: $\hat{X}_O(t) \rightarrow k_H(t) \rightarrow R_H(t) \rightarrow DSS(t)$, де спочатку формується оцінка стану оператора, далі – коефіцієнт модифікації ризику, потім – ризик, пов'язаний із людським фактором, і лише після цього – адаптована конфігурація системи підтримки прийняття рішень. Розмежування цих рівнів дає змогу відокремити первинну спостережувану ознаку, модельну оцінку стану, оцінку ризику та реакцію системи. Також індекси $chaos_score$ та $confidence_index$ пов'язані співвідношенням $confidence_index = 1 - chaos_score$. На с. 392 і 398 автор пов'язує трактування індексів із навігаційним контекстом, що, на мою думку, є необхідною умовою їх коректного використання.

Розроблений у третьому розділі фрактально-епізодний апарат експериментально перевірено в підрозділі 6.2 на масиві 8684 AIS/ECDIS-проходів.

У роботі окремо розглянуто контроль якості треків і робастну підмножину з достатнім віконним покриттям. Зокрема, наведений розподіл кількості доступних фрактальних вікон показує, що суттєва частина треків має обмежене покриття, тому використання спеціальної робастної підмножини є необхідним для статистичної коректності. Автор також виконує перевірку статистичних зв'язків між інтегральними індикаторами та упорядкованими рівнями навігаційного ризику.

Використані фрактальні характеристики описують різні аспекти траєкторного сигналу. У підрозділах 3.2.3–3.2.5 метод Higuchi характеризує передусім локальну геометричну нерегулярність сигналу, DFA – його масштабну кореляційну структуру і довготривалі флуктуації, а показник Katz – локальну “ламаність” і зигзагоподібність. Їх спільне використання формує багатокомпонентний опис мікроеваріативності траєкторії.

Операторсько-часову ідентифікацію у завершальній експериментальній схемі перевірено на даних від тренажерної підготовки 76 операторів.

У дисертації також використано тренажерні, психодіагностичні, часові, навігаційні та контекстні індикатори. Багатоканальний підхід є виправданим, оскільки стан оператора в системі, критичній з погляду безпеки, не може надійно визначатися одним показником. Подальша побудова роботи також відповідає цій позиції: непрямі індикатори використовуються як складові оцінювання стану та модифікації навігаційного ризику, а також як підстава для адаптації підтримки рішення.

Важливим методологічним обмеженням є різна спостережуваність цих ознак. У табл. 2.12 траєкторні, часові, поведінкові, інтерфейсні, окорухові, фізіологічні, нейрофізіологічні та експертні індикатори розрізняються за джерелом отримання і доступністю на містку. Для реального судового контуру автор обґрунтовує принцип мінімальної інвазивності: перевага надається ознакам, які вже можуть бути отримані з AIS/ECDIS, ARPA, VDR та штатної взаємодії оператора із навігаційними засобами містка, тоді як HRV, EEG або eye-tracking розглядаються переважно як засоби експериментальної та тренажерної валідації.

Сценарний експеримент підрозділу 6.6 демонструє зміну інтегрального показника в міру ускладнення умов. Його методологічна роль – перевірка внутрішньої узгодженості формалізації ризику. Окремо слід розглядати питання причинності, де узгоджена зміна розрахункових величин у моделі не є самостійним доказом причинного впливу в реальній навігаційній ситуації. У цьому контексті позначення $I_{HF \rightarrow R}$ відображає функціональний напрям включення людського фактора до розрахункової моделі ризику.

Завершальна LOG-валідація є особливо важливою. Із понад 300 тренажерних траєкторій відібрано 78 LOG-проходів з ознаками людського фактора. Для них сформовано реєстри якості, картографічні прив'язки, узагальнені метрики, експертні оцінки, а також 226 часово локалізованих епізодних записів. Експертна система передбачає попередню автоматизовану оцінку, її перевірку інструктором і формування фінального статусу валідації. Процедура забезпечує експертний контроль за інтерпретацією автоматизованого висновку.

Наявні експериментальні матеріали підтверджують можливість прикладної інтерпретації запропонованих моделей. Межі такого підтвердження залежать від конкретної моделі та виду даних. Позитивну оцінку методології пов'язую з можливістю простежити процедуру перевірки кожної моделі з урахуванням відповідного виду даних.

4. Наукова новизна одержаних результатів

Враховуючи змістовну складову дисертації, можна вважати достатньо обґрунтованими основні наукові результати, які полягають у розробленні науково-методологічних засад, моделей, методів і засобів оцінювання та управління ризиками людського фактора в ергатичних системах навігаційного забезпечення на основі формалізації станів оператора, інтелектуальної обробки даних та адаптивної підтримки прийняття рішень у процесах управління рухом судна. Можна вважати, що серед них *вперше*:

З концептуального погляду основним новим результатом роботи є побудова цілісної схеми управління ергатичними системами навігаційного забезпечення, у якій оператор, інформаційне поле, технічні засоби, навігаційне середовище, регламентні обмеження, режими керування, запас стійкості та ризики людського фактора розглядаються як взаємопов'язані компоненти. Названі компоненти формують загальну наукову структуру дослідження.

У траєкторному блоці наукова новизна полягає в переході від метрично нормалізованих AIS/ECDIS-даних до епізодного опису локальної мікроеваріативності та її навігаційної інтерпретації. Методологічно це дозволяє зіставити математичну характеристику сигналу з конкретним фрагментом керувальної діяльності.

У частині діагностики операторської діяльності новим також є послідовне поєднання траєкторних, часових, LOG- та експертних даних у переході від спостережуваної ознаки до оцінювання дій оператора. Запропонована побудова визначає місце різномірних джерел інформації в єдиній схемі інтерпретації операторської діяльності.

Удосконалено:

Концептуально-структурну модель інформаційного поля; методи ідентифікації когнітивних, часових, психофізіологічних і поведінкових станів оператора; методи оцінювання та управління ризиками людського фактора. Спільним методологічним результатом цих удосконалень є формалізація переходу від характеристик стану оператора і навігаційної ситуації до вибору форми підтримки або коригування керувальної дії.

Набули подальшого розвитку:

Положення системного аналізу навігаційного забезпечення, локальний фрактальний опис траєкторій і сигнатур рейсу, подання людського фактора як внутрішнього параметра функціонування ІСНЗ, принципи інтеграції траєкторної обробки, візуалізації, сценарного моделювання та LOG-валідації у системах підтримки рішень. Теоретична цінність полягає у формалізації переходів між інформаційними, операторськими та ризиковими описами.

5. Практичне значення та рекомендації щодо використання результатів

Прикладне значення роботи вбачаю насамперед у можливості використовувати запропоновані способи формалізації в процедурах аналізу навігаційної ситуації, тренажерного розбору та підтримки рішень без втрати змісту окремих індикаторів. У практичному контурі це реалізується через обробку AIS/ECDIS- і LOG-даних, експертне оцінювання проходів та аналіз ризиків людського фактора. Використання результатів в освітньому процесі Херсонської державної морської академії та Vilnius Gediminas Technical University, Lithuanian Maritime Academy, а також у спеціалізованих тренажерних і морських організаціях підтверджує практичне використання окремих складових методології.

Для подальшого застосування принциповим є збереження визначених у роботі меж інтерпретації. Траєкторний індекс характеризує спостережувану мікроеваріативність руху, тоді як висновок про стан оператора потребує додаткового навігаційного, поведінкового та ситуаційного контексту. Збереження такого розмежування дає змогу використовувати моделі в практичних процедурах без надання окремому індикатору ширшого змісту, ніж передбачено його способом побудови.

6. Повнота викладення результатів у публікаціях та їх апробація

За результатами дослідження опубліковано 65 наукових праць і об'єктів інтелектуальної власності. Серед них 39 публікацій у профільних наукових виданнях, з яких 23 індексуються у Scopus та Web of Science, 16 статей належать до фахових видань України категорії Б. 25 робіт опубліковано у збірниках наукових праць і матеріалах конференцій, з яких 3 індексуються у Scopus; отримано 1 патент України на корисну модель. Тематика публікацій охоплює ключові лінії дисертації – людський фактор, навігаційний ризик, стан оператора, AIS/ECDIS-аналітику, автоматизоване керування, фрактальну обробку траєкторій та підтримку прийняття рішень.

Основні положення доповідалися на міжнародних і всеукраїнських конференціях та симпозіумах, зокрема MINTT, PSDMI, ISDMCI, N&SH, MPP&O та інших заходах із навігації й керування судном. Особистий внесок автора у співавторських працях конкретизовано у переліку публікацій. З огляду на зміст дисертації можна констатувати самостійну інтеграцію отриманих результатів у цілісну науково-методологічну систему.

7. Структура і зміст дисертації та відповідність реферату

Дисертація складається з анотації, переліку скорочень, вступу, шести розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг без урахування додатків становить 513 сторінок, основний текст – 436 сторінок; робота містить 124 рисунки, 66 таблиць і список із 357 джерел. Значний обсяг пояснюється комплексністю проблематики, хоча в окремих місцях матеріал є щільним і потребує уважного читання. Загалом структура відповідає логіці поставлених завдань.

Вступ містить постановку наукової проблеми, мету та завдання, а також характеристику новизни й практичного значення.

Перший розділ визначає стан проблематики та передумови побудови методології.

У другому розділі подано концептуальні моделі ІСНЗ, інформаційного поля оператора та стійкості системи. Їх роль полягає у визначенні складових і зв'язків, які надалі отримують математичне та процедурне подання.

Третій розділ розкриває інтелектуальну обробку траєкторій AIS/ECDIS. Локальні фрактальні ознаки та епізодне подання пов'язують математичні характеристики сигналу з окремими фрагментами маневрування.

Четвертий розділ охоплює моделі розподілу уваги, дисторсії суб'єктивного часу, p -адичної структурної ідентифікації, антиципаційних і поведінкових стратегій, функціонального виснаження та критичних операторських станів.

П'ятий розділ використовує ці результати для оцінювання ризику та обґрунтування підтримки керувальних дій, окремо розглянуто підготовку до взаємодії «капітан–лоцман».

Поняття, використані в цих розділах, виконують різні функції. Увага характеризує розподіл обмеженого інформаційного ресурсу між значущими об'єктами; марківське моделювання – часову структуру переходів операторського циклу; суб'єктивна ентропія – ступінь неупорядкованості вибору дій; антиципація – випереджальну перебудову поведінки відповідно до очікуваного розвитку ситуації; p -адична модель – ієрархічне кодування та структурну близькість станів. Функціональне розмежування забезпечує їх спільне використання в ризик-орієнтованій схемі без понятійного ототожнення.

Шостий розділ містить експериментальну перевірку траєкторних і операторських моделей, сценарне моделювання та завершальну LOG-валідацію. Загальна послідовність викладу відповідає логіці *«поняття – модель – процедура – перевірка»*.

У висновках відображено основні результати розв'язання поставлених завдань. Додатки доповнюють матеріали практичного використання. Дисертація має завершену структуру, хоча окремі пояснення взаємозв'язків моделей можна було б викласти стисліше.

Реферат відображає основні положення та результати дисертації. Для розуміння меж застосування складних моделей необхідне звернення до повного тексту роботи, де наведено припущення, способи побудови та експериментальні матеріали.

8. Дотримання принципів академічної доброчесності

Під час виконання дисертації здобувач дотримувався принципів академічної доброчесності. За результатами перевірки та аналізу матеріалів дисертації не було виявлено ознак академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Запозичень у тексті дисертації чужих праць і ідей без посилань не виявлено. Розмежування власних результатів і використаних положень інших дослідників у роботі забезпечується посиланнями та викладенням особистого внеску здобувача. У вступі конкретизовано розробки, виконані автором, і зазначено належність йому результатів, використаних зі співавторських публікацій.

9. Відповідність дисертації спеціальності 05.22.13

Загалом зміст роботи відповідає спеціальності 05.22.13 – навігація та управління рухом, оскільки охоплює закономірності та інформаційне забезпечення

процесів навігації, оцінювання і прогнозування навігаційного ризику, моделювання операторської складової, підтримку прийняття рішень та автоматизоване керування рухом судна.

Зв'язок операторської складової зі спеціальністю 05.22.13 представлений у дослідженні своєчасності маневру, вибору дії та використання навігаційної інформації. Через ці характеристики формалізація стану оператора набуває прикладного навігаційного змісту; психологічна ознака без відповідного способу спостереження та навігаційної інтерпретації була б недостатньою.

10. Зауваження та дискусійні запитання

Під час аналізу понятійного апарату та взаємозв'язків запропонованих моделей сформульовано такі зауваження і дискусійні положення.

1. У підрозділі 2.1 інформаційне поле оператора визначено як багаторівневу функціонально впорядковану сукупність даних (с. 94, рис. 2.1). Водночас потребує уточнення критерій належності конкретних даних до цього поля. Технічна доступність інформації в ІСНЗ ще не означає її використання оператором, тому в моделі доцільно виразніше розмежувати наявність даних, їх сприйняття та фактичну участь у формуванні рішення.

2. У підрозділі 2.4 людський фактор розглядається як складова внутрішнього контуру управління ергатичною системою, а стан оператора враховується в моделі ризику та механізмі адаптації СППР (с. 138, формули (2.38)–(2.40), табл. 2.12–2.13). Це положення варто конкретизувати через безпосереднє зіставлення змінних стану оператора з функціональними зв'язками моделей і характеристиками системи, які змінюються внаслідок їх урахування. Таке пояснення зробило б перехід від концептуальної тези до її математичної реалізації прозорішим.

3. У підрозділах 3.2.3–3.2.5 для аналізу траскторних сигналів застосовано фрактальну розмірність Higuchi, метод DFA та показник Katz (с. 167–170, формули (3.42)–(3.56)). Доцільно чіткіше обґрунтувати спільне використання цих характеристик: визначити властивість сигналу, яку відображає кожна з них, та пояснити їх взаємодоповнення. Це дало б змогу оцінити, наскільки отримані показники містять самостійну інформацію про мікроеваріативність руху судна.

4. У підрозділі 3.6 показник `confidence_index` визначено як комплементарне подання `chaos_score` (с. 205–206). За такого визначення він не містить незалежної інформації, проте його назва може сприйматися як характеристика достовірності оцінювання. Варто точніше пояснити призначення цього показника та послідовно відмежувати його від незалежного індикатора стану оператора або додаткового підтвердження висновку.

5. У підрозділі 4.1 запропоновано формально-геометричну модель розподілу уваги та марківську модель часових станів операторського циклу (с. 229–241). Попри відмінність їх призначень, потребує конкретизації функціональний зв'язок між результатами обох моделей. Бажано показати, як характеристики розподілу уваги узгоджуються з оцінками переходів між фазами діяльності та спільно використовуються для оцінювання операторської діяльності в конкретній навігаційній ситуації.

6. На рис. 6.20 у підрозділі 6.4 ідентифіковано інтервали ймовірної дисторсії суб'єктивного часу (с. 415). Однак зміни темпу планування маневру й затримки реакції можуть бути зумовлені також складністю маневру, обмеженнями акваторії або очікуванням зовнішнього наказу. Тому інтерпретацію таких інтервалів доцільно супроводити чіткішими критеріями розмежування можливих суб'єктивних порушень сприйняття часу та затримок, що мають об'єктивне навігаційне пояснення.

7. У підрозділі 4.3 *p*-адична відстань використовується для оцінювання структурної близькості кодів ментально-мотиваційних станів (с. 268, формули (4.66)–(4.68)). Автор окремо застерігає, що психологічний зміст цієї близькості потребує підтвердження. З огляду на це варто точніше окреслити межі інтерпретації метрики та її роль у подальшій ідентифікації стану оператора, щоб формальна близькість кодів не сприймалася як достатня підстава для висновку про психологічну подібність станів.

8. У підрозділах 4.2–4.4 використовуються поняття суб'єктивної ентропії, ментально-мотиваційного стану та антиципації. Оскільки їх оцінювання може спиратися на взаємопов'язані поведінкові й часові ознаки, потребує докладнішого пояснення порядку урахування такого перекриття. Доцільно чіткіше розмежувати зміст зазначених компонентів і показати, як у загальній моделі запобігають повторному врахуванню одних і тих самих проявів під час інтерпретації ризику.

9. У підрозділі 6.6 перевірено здатність інтегрального показника $I_{HF \rightarrow R}$ розрізняти режими функціонування ІСНЗ у шести сценаріях різної складності та проведено аналіз його чутливості (с. 440–450, табл. 6.17). Така перевірка характеризує поведінку показника в межах прийнятої моделі, але сама по собі не встановлює причинно-наслідкового зв'язку між людським фактором і ризиком. У трактуванні результатів слід чіткіше визначити розрахунковий статус показника та відмежувати модельний внесок його компонентів від самостійно підтвердженого причинно-наслідкового впливу.

Наведені зауваження стосуються точності понять, інтерпретації показників та узгодження окремих моделей. Їх урахування сприятиме відтворюваності методології та обґрунтованому застосуванню результатів у навігаційній практиці. Водночас вони не змінюють загальної позитивної оцінки дисертації, яка має визначений предмет дослідження, розроблений математичний апарат та експериментальну основу.

11. Загальний висновок

Дисертаційна робота Носова Павла Сергійовича «Науково-методологічні основи управління ергатичними системами навігаційного забезпечення» є завершеним самостійним науковим дослідженням, у якому вирішено актуальну науково-технічну проблему підвищення безпеки мореплавства шляхом розроблення науково-методологічних засад управління ергатичними системами навігаційного забезпечення з урахуванням людського фактора як внутрішнього функціонального компонента системи.

Наукову цінність роботи вбачаю у формалізації зв'язків між навігаційною інформацією, діяльністю оператора та оцінюванням ризику. Запропоновані моделі

створюють основу для пояснення і аналізу складних ситуацій судноводіння. Визначені понятійні та прикладні межі окреслюють напрями подальшого розвитку методології, не зменшуючи значущості отриманих результатів.

Методологічно важливим вважаю те, що в роботі можна простежити перехід від первинного навігаційного або операторського спостереження до формалізованої ознаки, далі – до модельної оцінки стану чи ризику і лише після цього – до рекомендаційного або керувального рішення. Розрізнення цих рівнів дає змогу використовувати різноманітні математичні моделі в єдиній системі, не надаючи окремому індикатору змісту всієї методології.

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.

Опонент:

професор кафедри аеронавігаційних систем

Національного університету «Київський авіаційний інститут»

доктор технічних наук, професор

Тетяна ШМЕЛЬОВА

