

РОЗДІЛ II. ІНФОРМАЦІЙНО-КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ

DOI: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2026-2\(44\)-189-200](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2026-2(44)-189-200)

УДК 623.618, 623.8:681.883.47

Віктор Федорович Гречанінов¹, Віктор Федорович Гречанінов²

¹кандидат технічних наук, старший дослідник, завідувач науково-дослідного відділу
«Інтелектуальних інформаційно-аналітичних систем»

Інститут проблем математичних машин і систем НАН України (Київ, Україна)

E-mail: vgrechaninov@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6268-3204>

²аспірант, молодший науковий співробітник науково-дослідного відділу

«Теорії та практики систем обробки та відображення візуальної інформації»

Інститут проблем математичних машин і систем НАН України (Київ, Україна)

E-mail: vitya.grechaninov@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-8400-6401>

ДЕЯКІ АСПЕКТИ РОЗБУДОВИ СИСТЕМИ ВИСВІТЛЕННЯ ПІДВОДНОЇ ТА НАДВОДНОЇ ОБСТАНОВКИ ДЛЯ ВІЙСЬКОВО-МОРСЬКИХ СИЛ

У статті розглянуто концептуальні засади автоматизації ситуаційного управління у системі висвітлення підводної та надводної обстановки. Проаналізовано існуючі засоби спостереження за морським середовищем та визначено їх основні обмеження щодо забезпечення безперервного контролю та прихованості функціонування. Запропоновано архітектурну модель інтегрованої автоматизованої системи, що включає сенсорний рівень, регіональні центри обробки даних та ситуаційний центр. Особливу увагу приділено впровадженню ситуаційного управління з використанням технологій штучного інтелекту.

Ключові слова: моделі; ситуаційна обізнаність; моніторинг підводної і надводної морської обстановки; ситуаційне управління.

Рис.: 5. Бібл.: 10.

Актуальність теми дослідження. На сьогодні створення ефективної системи відображення підводної та надводної обстановки є винятково актуальним для Військово-Морських Сил Збройних Сил України. Системи моніторингу підводної та надводної обстановки для захисту територіальних вод і морського узбережжя створені та функціонують в різних країнах. До прикладу: США мають їх біля своїх військово-морських баз у всіх океанах; Швеція – має дві системи на своєму узбережжі; Румунія – у Чорному морі.

Протягом останніх років акваторія Чорного моря стала місцем активного збройного протистояння у війні України з російською федерацією. Як відомо, нині у складі ВМС України є, в основному, патрульні кораблі. Тому вкрай актуальним стало питання їх захисту від ураження підводними безпілотними апаратами (дронами), як дистанційно керованими так і автономними. Мінімізація загроз із морського напрямку у внутрішніх водах нашої держави для ВМС, цивільних суден та портової інфраструктури є складовою національної безпеки України.

Постановка проблеми. Швидкий темп впровадження новітніх ударних автоматизованих систем та управління сучасними воєнними діями (активне використання дронів технологій і потенційне впровадження технологій ШІ) створюють нові виклики для систем протидії потенційним загрозам в межах територіальних вод України. Трансформація розвитку системи ВПНО повинна бути перманентною до сучасних нових загроз безпеці ВМС та портової інфраструктурі України. Для забезпечення безпеки морського узбережжя, захисту з моря кораблів ВМС, інфраструктури морських портів та суден, потрібно створити сучасну автоматизовану систему ситуаційного управління. До неї мають входити берегові спостережні пункти (система берегових сенсорів), підводні буї, наземні радары, безекіпажні надводні судна, БПЛА, патрульні катери, пункти управління тощо, з єдиним інформаційним простором. Складовою якої буде система висвітлення підводної

та надводної обстановки (ВПНО). Відповідно до зазначеного факту, постає першочергова необхідність створення новітньої та технологічно інноваційної системи, що мала б спроможність ефективної фіксації підводної та надводної обстановки задля отримання якісних розвідданих.

На сьогодні в країнах НАТО, що мають систему ВПНО, основними засобами для збору інформації щодо обстановки у морському середовищі є статичні гідроакустичні станції, що розташовані в морі, а також особливі безекіпажні надводні судна. Основною проблемою у використанні гідроакустичних станцій має той факт, що деякі з них можуть бути потенційно легкими для виявлення через радіосигнали, що транслюються. Водночас безекіпажні судна не здатні довго здійснювати безперервний моніторинг акваторії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням функціонального аналізу технічних систем присвячено достатню кількість наукових праць [1-3]. Зокрема в статті Горбуліна В.П. [1] обґрунтовано необхідність розроблення і впровадження єдиної комплексної автоматизованої системи управління захистом морського узбережжя. У роботі Морозова А. О., Яценко В. А. [2] показано технологію колективного формування рішень в умовах сучасного функціонування ситуаційного центру. У статті Збруцького О. В. [3] та ін. обґрунтовано актуальність створення системи моніторингу надводної та підводної обстановки в межах територіальних вод морських держав.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. На сьогодні недостатньо дослідженими є моделі, методи та програмно-технічні засоби побудови автоматизованої системи збору, обробки, інтеграції та візуалізації розвідувальної інформації про підводну та надводну обстановку для підтримки прийняття рішень.

Метою статті є формування основ комплексної автоматизованої інформаційно-аналітичної системи, що забезпечує підвищення оперативності, достовірності та безперервності контролю та відображення морської обстановки.

Виклад основного матеріалу. Для досягнення поставленої мети передбачається вирішення таких завдань:

- аналіз існуючих засобів моніторингу морського середовища та виявлення їх функціональних обмежень;
- формування вимог до інтегрованої автоматизованої системи відображення обстановки;
- обґрунтування архітектури системи з урахуванням можливостей об'єднання гідроакустичних, радіотехнічних, безекіпажних та інших сенсорних компонентів;
- визначення підходів до обробки, інтеграції та візуалізації даних в режимі реального часу із застосуванням елементів інтелектуального аналізу.

Концептуальні основи створення системи ВПНО. Система ВПНО повинна створюватися як інтегрована система управління, що побудована за єдиною ідеологією та комплексно, на основі загальносистемного проєктування. Вона має поєднувати у своєму складі на єдиних організаційних, функціональних і технологічних принципах всі засоби та підсистеми, згідно з їхнім призначенням і технічних вимог, з урахуванням перспективної системи зв'язку. Спільне функціонування підсистем і засобів повинно забезпечуватися єдністю інформаційного середовища, застосуванням єдиних технологій управління, захисту інформації та відповідного аналітичного забезпечення. Комплексна автоматизація за функціональним напрямком повинна бути реалізована для:

- збору, оброблення та надання інформації;
- інформаційної та аналітичної діяльності;
- підтримки прийняття рішень для планування заходів та організації управління.

З усвідомленням усіх потенційних викликів, для вирішення поточної проблеми, необхідно урахувати наступні важливі компоненти, що разом складають ефективність моніторингу і висвітлення підводної та надводної обстановки:

- інформаційно-сенсорна складова, що включає сукупність технічних засобів спостереження та первинного вимірювання параметрів середовища і рухомих об'єктів (гідроакустичні комплекси, радіолокаційні станції, оптико-електронні системи, супутникові засоби дистанційного зондування, автоматичні ідентифікаційні системи тощо);

- телекомунікаційна складова, призначена для гарантованої, захищеної та безперервної передачі даних між розподіленими елементами системи, що передбачає використання багаторівневих каналів зв'язку, механізмів резервування та криптографічного захисту інформації;

- обчислювально-аналітична складова, яка забезпечує оброблення, фільтрацію, кореляцію та інтеграцію різнорідних даних, реалізацію алгоритмів злиття інформації (data fusion), ідентифікацію та класифікацію об'єктів, а також прогнозування параметрів їх руху;

- ситуаційно-моделююча складова, орієнтована на формування цілісної картини оперативної обстановки, оцінювання рівнів потенційних загроз, моделювання можливих сценаріїв розвитку подій та генерацію альтернатив управлінських рішень;

- підсистема візуалізації та людино-машинної взаємодії, що забезпечує багаторівневе відображення обстановки в інтерактивному форматі, адаптивне представлення інформації відповідно до ролі користувача та реалізацію механізмів попередження про критичні події;

- складова кібербезпеки та гарантоздатності, яка охоплює механізми забезпечення конфіденційності, цілісності та доступності даних, засоби протидії кіберзагрозам, відмовостійку архітектуру, а також процедури контролю доступу та аудиту дій операторів;

- організаційно-управлінська складова, що визначає регламенти функціонування системи, алгоритми міжвідомчої взаємодії, розподіл повноважень і відповідальності, а також процедури підготовки та сертифікації персоналу;

- нормативно-правова складова, яка забезпечує відповідність функціонування системи вимогам національного законодавства, міжнародного морського права та стандартам у сфері інформаційної безпеки.

Виявлення окремих структурно-функціональних елементів загальної системи моніторингу підводної та надводної обстановки в акваторії Чорного моря є необхідним кроком для визначення та впровадження подальшої автоматизації і удосконалення загальної системи. В умовах високої динаміки загроз у морському середовищі, особливого значення набуває питання підвищення оперативності виявлення, аналізу та реагування на все нові й нові небезпеки. Саме в цьому контексті постає питання автоматизації ряду аспектів діяльності системи. В той же час, автоматизація у різних складових системах потребує, відповідно, різного ступеня її впровадження та різних механізмів її реалізації.

Основу архітектурної концепції побудови системи ВПНО в акваторії Чорного моря становить концепція мережецентричного захисту (МЦЗ). Вона орієнтована на підвищення оборонних можливостей у сучасних війнах завдяки досягненню інфокомунікаційної переваги. Технологія МЦЗ спирається на технічні досягнення в автоматизації та засобах зв'язку, що забезпечать реакцію системи в режимі реального часу [1].

Під архітектурою системи ВПНО розуміються різносторонні відображення підсистем з відповідним їх розташуванням. Вони пов'язані сукупністю відношень (зв'язків) між собою, що забезпечують цілісність системи, їх функціональне наповнення та основні технологічні рішення, щодо їх побудови і функціонування.

Система повинна мати модульну архітектуру, що дозволяє інтегрувати різні компоненти для досягнення максимальної ефективності у виконанні поставлених завдань.

Система має включати:

- підсистему сенсорів (ПС);
- підсистему обробки даних (ПОД);
- підсистему відображення отриманих даних (ПВОД);

- підсистему зв'язку та обміну даними (ПЗОД);
- підсистему зберігання даних (ПЗД);
- аналітичну підсистему (ПА).

Взаємодія підсистем реалізується через ПЗОД таким чином:

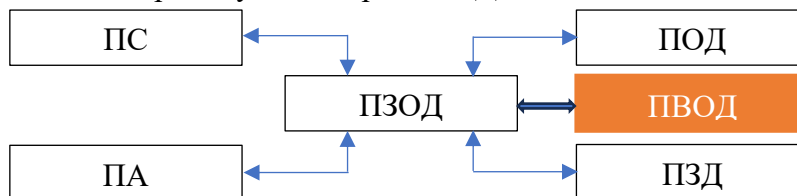


Рис. 1. Модульна архітектура системи ВПНО

Основним елементом підсистеми сенсорів має бути мережа низькочастотних гідроакустичних сенсорів, що розташовані на визначених рубежах та виконують функцію виявлення шумовипромінювання морських безекіпажних апаратів. Для підвищення ефективності виявлення, розпізнавання та ідентифікації може бути передбачено використання набору допоміжних сенсорів, таких як:

- акустичні сенсори (для розпізнавання об'єктів на поверхні води);
- оптичні камери (для розпізнавання об'єктів на поверхні води);
- теплові камери (для розпізнавання об'єктів на поверхні води);
- радіолокаційні системи (допомагають у виявленні надводних загроз);
- лідарні системи (допомагають у виявленні надводних загроз) тощо.

Підсистема обробки даних включає центр обробки даних, який є компонентом, що здійснює прийом, зберігання, обробку та аналіз даних, отриманих від сенсорів. Центр повинен бути обладнаний засобами для обробки інформації, а також аналітичними інструментами.

Підсистема відображення отриманих даних являє собою інтерфейс управління, який дозволяє користувачам ефективно використовувати інформаційні спроможності системи. Інтерфейс управління повинен включати:

- надання доступу до ресурсів системи (аутентифікації);
- візуалізацію даних у реальному часі;
- повідомлення про виявлені загрози;
- взаємодію з користувачем (налаштування, команди);
- роботу з архівами даних.

Підсистема зв'язку та обміну даними являє собою електронну комунікаційну мережу зв'язку для отримання даних від сенсорів та передачу їх на центр обробки даних.

Аналітична підсистема поєднує аналітичні інструменти для обробки отриманих даних.

Основними завданнями системи ВПНО для виявлення морських безекіпажних апаратів є:

- виявлення підводних і надводних рухомих об'єктів по створюваних ними акустичних сигналах;
- класифікація та передача даних для обробки, аналізу і відображення.

Система повинна забезпечити моніторинг, автоматичне виявлення та ідентифікацію типових цілей в різних умовах обстановки. Вона передбачає цілодобове застосування, без обмежень за порами року та метеорологічними умовами.

Система призначена для виконання завдань, які спрямовані на забезпечення морської безпеки та контролю визначених акваторій моря. Вона повинна виконувати такі завдання:

- моніторинг та аналіз обстановки;
- виявлення та ідентифікація загроз;
- підтримка прийняття рішень і реагування;

- забезпечення безпеки зв'язку, управління та обміну даними.

Безпека зв'язку забезпечується захищеністю ліній зв'язку та захистом даних, що передаються між компонентами системи.

Наведену на рис. 1 архітектуру системи ВПНО можна розглядати в наступних трьох представленнях:

- організаційна (базова);
- функціональна;
- технологічна.

Організаційна структура являє собою сукупність функціонально і структурно пов'язаних підсистем (компонентів) оснащених засобами автоматизації та зв'язку.

Функціональна структура – це сукупність взаємопов'язаних функціональних підсистем та засобів, що забезпечують моніторинг обстановки на морі та підтримку прийняття рішень посадовими особами.

Технологічна структура має три основні складові:

- єдине інформаційне середовище;
- програмне забезпечення;
- технічні засоби.

Перед безпосереднім оглядом шляхів впровадження автоматизації, необхідно розглянути загальну архітектурну модель автоматизованої системи моніторингу підводної та надводної обстановки. Дана модель містить наступні рівні:

- Рівень сенсорів. Цей рівень забезпечує зчитування параметрів середовища разом з цифровою обробкою даних (фільтрація шумів, спектральний аналіз), а також формування первинної класифікації об'єктів. Для здійснення роботи даного рівня використовуються наступні технології: гідроакустичні засоби спостереження, оптико-електронні системи, безпілотні платформи (надводні, чи підводні безекіпажні системи або ж літальні апарати) та радіолокаційні засоби (РЛС). Особливістю цього рівня є реалізація локальної автономності, що дозволяє зменшити навантаження на канали зв'язку, мінімізувати затратки, а також підвищити стійкість системи в умовах часткової втрати зв'язку [4].

- Регіональний центр обробки. Цей структурний елемент виконує роль інтеграційного та аналітичного вузла, що забезпечує агрегацію даних з різних серверів, їх часову та просторову синхронізацію, розрахунок та моделювання траєкторії руху об'єктів, а також оцінювання ймовірності потенційних загроз на підставі отриманих статистичних даних. Важливим аспектом регіонального центру обробки є його автономність у роботі системи, оскільки даний центр здатний виконувати функції навіть у разі втрати зв'язку з центральним рівнем (центральним аналітичним центром). До складу регіонального центру обробки входять: серверні обчислювальні кластери (модулі паралельної обробки даних, системи віртуалізації, GPU-прискорювачі), підсистема злиття даних (алгоритм кореляції інформації, багатосенсорна інтеграція), база оперативних даних (короткострокове сховище, системи резервного копіювання, буферні масиви) та мережеві криптографічні модулі (захищенні шлюзи, механізми автоматичних перемикачів каналів та загальні системи управління трафіком) [4, 5].

- Ситуаційний центр. Третій елемент загальної архітектури автоматизації, функція якого – виконання стратегічних функцій, серед яких: комплексна оцінка обстановки, моделювання сценаріїв розвитку подій, формування альтернатив реагування та забезпечення взаємодії і комунікації з зовнішніми відомствами. Містить у собі глобальний обчислювальний комплекс, систему підтримки прийняття рішень (DSS), модулі ситуаційного моделювання та підсистему кібербезпеки та гарантоздатності [5].

Модель архітектури автоматизованої системи ВПНО наведено на рис. 2.

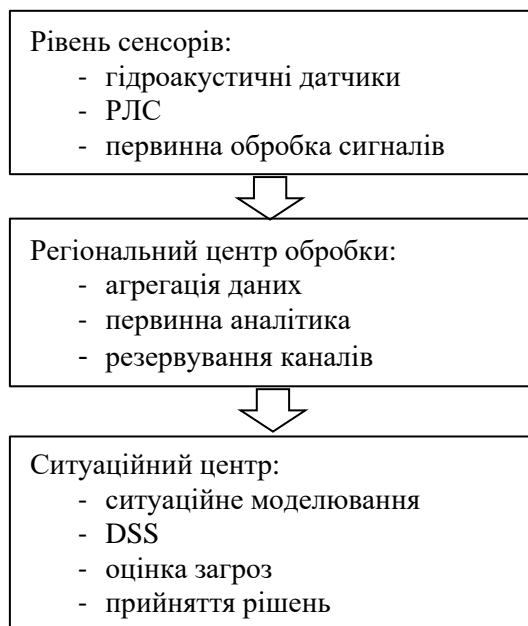


Рис. 2. Модель архітектури автоматизованої системи ВПНО

Визначивши загальну архітектуру автоматизованої системи ВПНО, постає ключове питання – визначення рівня і ступеню автоматизації кожної з підсистем та розробки методів їх впровадження.

Як зазначалось раніше, наявна система моніторингу підводної та надводної обстановки в акваторії Чорного моря має ряд вразливих моментів, серед яких – певна можливість виявлення засобів моніторингу або ж відсутність можливості постійного моніторингу. Ефективним методом для забезпечення постійного моніторингу підводної та надводної обстановки є встановлення мережі пасивних гідроакустичних станцій, що встановлюються на донну поверхню стаціонарно (рис. 3).

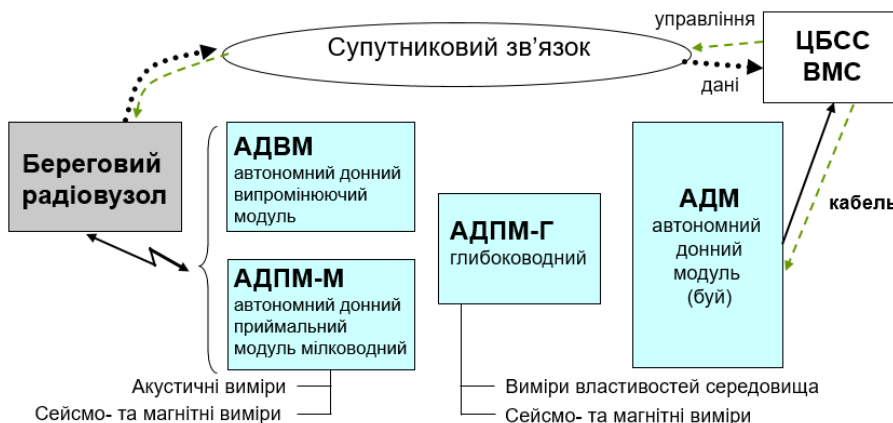


Рис. 3. Модель системи спостереження підводної обстановки

Доцільно мати кілька послідовних рубежів таких станцій. Незважаючи на той факт, що подібні станції мають потенційно менший радіус дії, вони надають можливість отримання поточних даних фактично в режимі реального часу. Подібні станції можуть бути встановлені неподалік від берега, передаючи сигнал за допомогою кабельних каналів зв'язку безпосередньо до пункту керування. Також інформація може передаватись до пункту керування негайно за допомогою безекіпажних надводних суден або спеціальних

радіобуїв [3, 12]. Таким чином, у сукупності, подібні станції утворюють мережу, що проводить збір актуальної інформації про стан підводної та надводної обстановки в межах територіальних вод (рис. 4).

Головною перевагою такого підходу є суттєве зниження ймовірності виявлення місцезнаходження гідроакустичних станцій (буїв). Сучасні стаціонарні донні станції можуть функціонувати у пасивному режимі збору даних та використовувати кабельні канали зв'язку в прибережній зоні. Це зменшує електромагнітну сигнатуру системи та ускладнює її радіотехнічну розвідку.

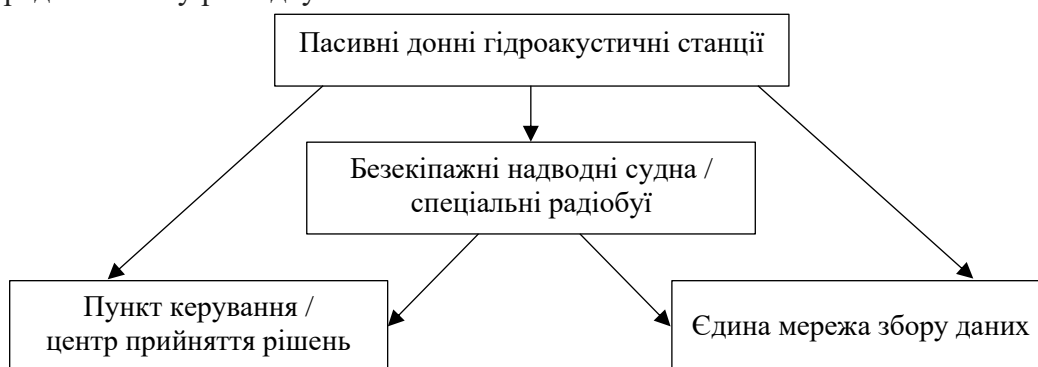


Рис. 4. Модель процедури збору даних моніторингу підводної та надводної обстановки з використання пасивних донних гідроакустичних станцій

До того ж, на відміну від безекіпажних надводних суден, які мають обмежений ресурс автономності та не здатні забезпечувати безперервний контроль певної ділянки акваторії, стаціонарні донні станції забезпечують постійний моніторинг визначеного сектора незалежно від погодних умов або необхідності технічного обслуговування мобільних платформ. Це дозволяє формувати безперервний часовий масив даних, що є критично важливим для виявлення аномальної активності та аналізу довготривалих змін обстановки, а використання безекіпажних надводних суден як транспортної ланки для передачі накопичених даних дозволяє відмовитися від постійного радіообміну. У такому випадку мобільна платформа виконує функцію періодичного збору інформації, що:

- зменшує ризик радіовиявлення;
- ускладнює визначення координат сенсорної мережі;
- дозволяє змінювати маршрути передачі інформації;
- забезпечує гнучкість у виборі часу та способу передачі даних.

Розглянемо методи автоматизації роботи окремих елементів системи моніторингу підводної та надводної обстановки. Головним викликом для загальної системи моніторингу при удосконаленні систем збору та обробки інформації стає вимога забезпечення постійного та ефективного реагування на зміну обстановки. Даний аспект діяльності першочергово стосується роботи центрального аналітичного центру, як ключового елемента, що забезпечує подальше формування сценаріїв подальшого розвитку подій. У такому випадку, необхідним є впровадження ситуаційного управління. В умовах високої динаміки загроз, зростання ролі безекіпажних систем, асиметричних дій противника та інформаційної невизначеності, ситуаційне управління є найбільш дієвим методом, оскільки воно не спирається на універсальні рішення, ґрунтуючись виключно на поточних даних і є максимально адаптованою системою для середовища, що передбачає інтенсивні зміни. Для застосування ситуаційного управління у роботі моніторингу надводної та підводної обстановки, доцільним має бути створення ситуаційного центру (СЦ). До функцій такого СЦ належать:

- проведення комплексної інтеграції даних підводної та надводної обстановки;

- формування актуальної ситуаційної картини;
- моделювання сценаріїв розвитку подій;
- оцінка загроз та ранжування ризиків;
- координація міжвідомчої взаємодії.

Варто зазначити, що у 2025 році Європейським Союзом було висунуто пропозицію створення спеціального «морського центру безпеки», який передбачає, зокрема, схеми використання пасивних донних гідроакустичних станцій, що була описана раніше, а також впровадження єдиної системи ситуаційного управління в акваторії Чорного моря. Подібна технологія наразі активно використовується у США в межах урядової системи SeaVision, що забезпечує ситуаційну обізнаність у регіонах територіальних вод та слугує для відстеження і передачі даних корабельного трафіку [10]. Наведені дані слугують прямим підтвердженням актуальності і доцільності впровадження аналогічної технології в Україні у наш час.

Необхідність впровадження технологій ШІ в управління системою ВПНО. На якість та своєчасність прийняття рішень для управління суттєво впливає належне використання сучасних інтелектуальних технологій. З урахуванням зазначених фактів постає питання структури СЦ для впровадження потрібної діяльності. Головним викликом для подібної системи буде потреба у швидкому опрацюванні даних в режимі реального часу, що робить дуже доцільним інтеграцію технологій ШІ у ситуаційне управління. Подібний підхід вже було застосовано в межах європейської системи SafeSeaNet (технології ШІ використовуються зокрема для прогнозування, виявлення аномальної поведінки суден та аналізу можливих ризиків) та американської платформи Maven (ШІ активно використовується для класифікації надводних цілей та автоматичного виявлення об'єктів у морській зоні) [6, 10].

У наведених прикладах використовуються переважно технології ШІ на основі CNN (Convolutional Neural Networks), тобто згорткові нейронні мережі, а також кластерні нейромережі, рекурентні нейромережі тощо [6; 11]. Причина такого вибору – функції, що виконує ШІ в рамках роботи наведених систем, а саме: автоматизація обробки акустичних даних, а також обчислення координат, швидкості руху об'єктів. Таким чином, у західних аналогів наявна система швидкої обробки первинних даних і представлення статистичних даних, що забезпечує комплексне та ефективне формування ситуаційної картини, однак в той же час, відсутня система автоматизації формування сценаріїв управління.

Для впровадження ефективного комплексного моніторингу в територіальних водах України, з урахуванням поточного воєнного стану, цілком слушним є інтеграція технологій ШІ на основі рекурентних нейромереж (RNN) для моделювання прогнозованих траєкторій об'єктів в акваторії Чорного моря та разом з тим впровадження технологій ШІ на основі великої мовної моделі (LLM) для здійснення когнітивного рівня ситуаційного управління, що забезпечує не лише обробку первинних даних, а й удосконалення формування, інтерпретацію та оцінювання сценаріїв розвитку подій.

Основною перевагою застосування LLM у ситуаційному управлінні є спроможність LLM проводити опрацювання як структурованих, так і не структурованих даних високого рівня абстракції, а також той факт, що LLM працює із заздалегідь сформованими шаблонами запитів, що робить його ефективним інструментом сценарного моделювання. Однак для ефективності такого підходу існує потреба створення єдиного структурованого сховища, яка містила б увесь перелік спеціалізованих даних для моделювання сценарного розвитку подій. Таким інструментом може стати єдина експертна база знань, де було б представлено у повному обсязі усі експертні думки щодо поточних сенсорних первинних даних. Архітектура подібної бази знань представлена на рис. 5.

Відповідно до зазначеного, повну структуру автоматизованого ситуаційного управління можна поділити на три основних рівні:

1. Рівень сенсорних (первинних) даних (дані, отримані в результаті безпосереднього моніторингу підводної та надводної обстановки).
2. Рівень експертних знань (проведення аналітичної роботи із первинними даними, оцінка потенційних ризиків, виокремлення тенденцій розвитку подій).
3. Рівень сценарної інтерпретації (автоматизована система сценарного моделювання на основі LLM, що проводить остаточне формування моделі розвитку подій (сценарію) з урахуванням даних двох попередніх рівнів).

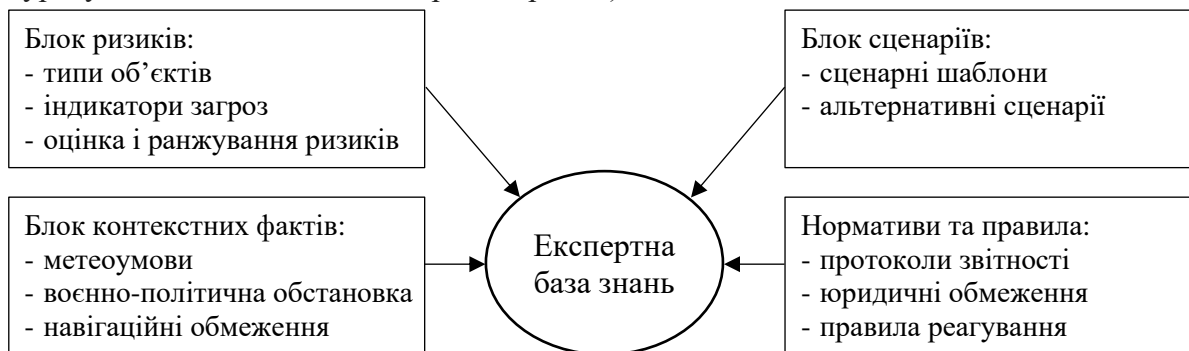


Рис. 5. Архітектура експертної бази знань

Додатковим елементом, що надає агенту ШІ на основі LLM ще більшої потужності, являється виклик функцій. Це дозволяє LLM достатньо легко інтегруватися з зовнішніми інструментами API. Так, замість прямого повернення тексту в вільній формі LLM можуть відповідати структурованими викликами функцій, переважно об'єктом JSON, що має параметри. До того ж за допомогою виклику функцій агент ШІ може динамічно вирішувати, які функції використовувати на основі запитів користувача, що дозволяє проводити ефективно оновлення даних та коригування сценаріїв відповідно до поточних даних.

Модель функціонування агента ШІ в автоматизованій системі ситуаційного управління показано на рис. 6.

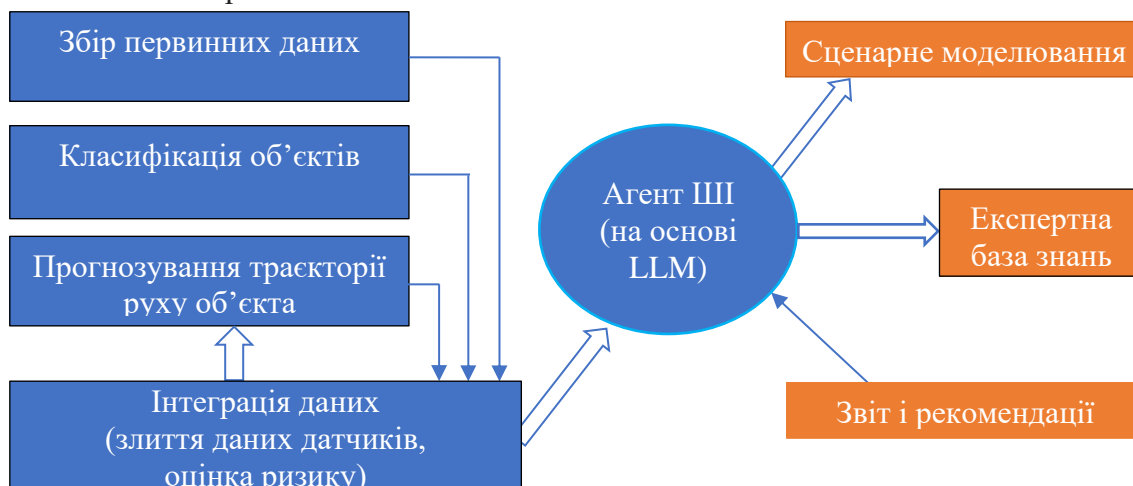


Рис. 6. Модель функціонування агента ШІ в межах загальної системи ситуаційного управління

Таким чином, інтегрований у систему агент ШІ є не просто респондентом або ж допоміжною функцією, а проактивним вирішувачем проблем. Однак, варто зауважити, що попри це, система не може бути повністю автоматичною із виключенням людського фактору.

І це стосується не лише роботи людей-експертів. Реальна оперативна обстановка характеризується невизначеністю, неповнотою та суперечливістю даних, які потребують контекстної інтерпретації та критичної оцінки. Крім того, управлінські рішення у військовій сфері мають правові та стратегічні наслідки, а відповідальність за них несе людина. Отже, система штучного інтелекту виступає засобом інтелектуальної підтримки, що підвищує швидкість і обґрунтованість аналізу, але не замінює суб'єкта управління.

Висновки. Часи стрімких технологічних змін та інновацій вимагають здатності оперативно аналізувати та реагувати на потенційні загрози. Система моніторингу підводної та надводної обстановки не є виключенням. У статті представлені інновативні методи збору інформації для проведення постійного і ефективного моніторингу акваторії Чорного моря, а також автоматизовані засоби ситуаційного управління, що є передовими рішеннями не лише в українському контексті, але й у глобальному.

На відміну від існуючих систем, орієнтованих переважно на збір та первинну обробку даних, запропонований підхід передбачає перехід до когнітивного рівня управління, де ключову роль відіграє інтеграція технологій штучного інтелекту, зокрема великих мовних моделей (LLM). Якщо західні аналоги демонструють високу ефективність у швидкій обробці первинних даних та формуванні статистичної картини, то запропонована концепція дозволяє перейти до якісно нового рівня – автоматизованого сценарного моделювання, контекстного аналізу та підтримки прийняття необхідних рішень. В результаті, з урахуванням безперервного моніторингу акваторії Чорного моря та специфіки воєнного стану, створення спеціалізованого ситуаційного центру з агентною ШІ-архітектурою, що є заснованим на великій мовній моделі, буде обґрунтованим, технологічно доцільним і стратегічно необхідним напрямом розвитку системи забезпечення морської безпеки України.

У статті запропоновано якісно нову архітектуру системи ситуаційного управління, яка базується на поєднанні сенсорного рівня, аналітичних моделей (CNN, RNN) та когнітивного рівня на основі LLM, що забезпечує інтеграцію фізичного та логіко-сценарного просторів аналізу. Також було вперше обґрунтовано доцільність використання великих мовних моделей як когнітивного агента у системах моніторингу морської обстановки, що дозволяє здійснювати семантичну інтеграцію даних, формування альтернативних сценаріїв розвитку подій та генерацію рекомендацій для прийняття рішень.

У роботі розроблена модель системи спостереження підводної обстановки. Джерелами інформації в системі ВПНО ВМС України будуть розподілені у просторі джерела, що забезпечують добування і збирання координатно-об'єктної інформації про об'єкти спостереження у своїй зоні відповідальності (підводної, надводної). Це:

- засоби всіх видів моніторингу;
- засоби навігації і локації;
- повітряні системи інформації;
- розвідувальна інформація від інших джерел.

І хоча система не може працювати без урахування людського фактору й остаточна відповідальність за прийняті рішення покладається на людей, в статті продемонстровано, як передові ШІ технології можуть стати повноцінними співпрацівниками людей-експертів у новій системі, що відкриває надзвичайні можливості для подальшого розвитку і модернізації ситуаційного управління в усіх збройних силах України. Висновки з ведення системного аналізу бойових дій на морях у 2022-2026 роках вказують на необхідність створення комплексної автоматизованої системи управління захистом територіальних вод і морського узбережжя. Система ВПНО має бути складовою в автоматизованій системі управління ВМС ЗС України.

Заява про використання генеративного ШІ та технологій на основі ШІ в процесі написання тексту статті.

Під час написання цього матеріалу автори використовували сервіс Google Перекладач. Після використання цього сервісу автори переглянули та відредагували зміст за потреби і взяли на себе повну відповідальність за зміст публікації.

Список використаних джерел

1. Горбулін, В. П. (2020). Щодо захисту морського узбережжя України. *Вісник Національної академії наук України*, 9, 30-40. <https://nasplib.isoftware.kiev.ua/handle/123456789/1729052>.
2. Morozov A.A., Yaschenko V.A. (2026). *New Technologies for National Security Situation Centres. Newcastle upon Tyne: Cambridge Scholars Publishing.*
3. Збруцький, О. В., Сірівчук, А. С., & Ключков, О. П. (2024). Автоматизація моніторингу морської обстановки за допомогою безкіпажного надводного судна. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*, 6(286), 166-173. <https://journals.snu.edu.ua/index.php/VisnikSNU/article/view/10194>.
4. Spets Techno Export. (2026). *Olimp-3K*. <https://spetstechnoexport.com/uk/product/olimp-3k>.
5. SAES Solutions Defence & Security. (2018). *Portfolio*. https://electronica-submarina.com/wp-content/uploads/2018/08/Portfolio_SAES_english-1.pdf.
6. The Maritime Executive. (2020). *U.S. Navy tests unmanned patrol boat for port security*. <https://www.maritime-executive.com/article/u-s-navy-tests-unmanned-patrol-boat-for-port-security>.
7. Serrano, L. G. (2021). *Grokking machine learning*. Manning Publications.
8. Морозов А.О., Яценко В.А. Ситуаційні Центри Інформаційні Технології Майбутнього, Київ, 2008, СП «Інтертехнодрук», 332 с.
9. Шапіро, Г. (2023). Дослідження стійкості роботи нейромережі в системі ідентифікації надводної обстановки. *Вісник Приазовського Державного Технічного Університету. Серія: Технічні науки*, (47), 360-370. <https://doi.org/10.31498/2225-6733.47.2023.300122>.
10. EMSA (European Maritime Safety Agency) (2026). *Vessel traffic monitoring in EU waters (SafeSeaNet)*. <https://www.emsa.europa.eu/ssn-main.html>.
11. Tang, J., Gao, W., Ma, E., Sun, X., & Ma, J. (2024). Deep learning based underwater acoustic target recognition: A temporal 2D modeling method. *Sensors*, 24(5), 1633. <https://doi.org/10.3390/s24051633>.
12. Zhang, Y., et al. (2023). A survey of underwater acoustic target recognition methods based on machine learning. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(2), 384. <https://doi.org/10.3390/jmse11020384>.

References

1. Horbulin V.P. (2020). On the protection of the sea coast of Ukraine. *Visnyk of the National Academy of Sciences of Ukraine*. № 9. P. 30-40. <https://nasplib.isoftware.kiev.ua/handle/123456789/1729052>.
2. Morozov A.A., Yaschenko V.A. (2026). *New Technologies for National Security Situation Centres. Newcastle upon Tyne: Cambridge Scholars Publishing.*
3. Zbrutsky O.V., Sirivchuk A.S., Klochkov O.P. (2024). *Automation of a robotic marine monitoring network using an unmanned surface vessel*. № 6 (286). P. 166-173. <https://journals.snu.edu.ua/index.php/VisnikSNU/article/view/10194>.
4. Spets Techno Export (2026). *Olimp-3K*. <https://spetstechnoexport.com/uk/product/olimp-3k>.
5. SAES solutions defence & security (2018). https://electronica-submarina.com/wp-content/uploads/2018/08/Portfolio_SAES_english-1.pdf.
6. The Maritime Executive (2020). *U.S. Navy Tests Unmanned Patrol Boat for Port Security*. <https://www.maritime-executive.com/article/u-s-navy-tests-unmanned-patrol-boat-for-port-security>.
7. Serrano Luis G. *Grokking Machine Learning*. Manning Publications Co., 2021. 350 с.
8. Morozov A.O., Yashchenko V.A. *Situational Centers. Information Technologies of the Future*. Kyiv: SP «Intertehnodruk», 2008. 332 p.
9. Shapiro H. (2023). Investigation of the stability of the neuronetwork in the surface identification system. *Reporter of the Priazovskiy State Technical University. Section: Technical sciences*, (47), C. 360-370. <https://doi.org/10.31498/2225-6733.47.2023.300122>.

10. EMSA (European Maritime Safety Agency) (2026). Vessel traffic monitoring in EU waters (SafeSeaNet). <https://www.emsa.europa.eu/ssn-main.html>.

11. Tang, J., Gao, W., Ma, E., Sun, X., & Ma, J. (2024). Deep learning based underwater acoustic target recognition: A temporal 2D modeling method. *Sensors*, 24(5), 1633. <https://doi.org/10.3390/s24051633>.

12. Zhang, Y., et al. (2023). A survey of underwater acoustic target recognition methods based on machine learning. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(2), 384. <https://doi.org/10.3390/jmse11020384>.

Дата першого надходження статті до видання: 26.02.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.03.2026

UDC 623.618, 623.8:681.883.47

Viktor Grechaninov¹, Viktor Grechaninov²

¹PhD in Technical Sciences, Senior Researcher, Head of Research Department of Intelligent Analysis and Information Systems
Institute of Mathematical Machines and Systems Problems of the NAS of Ukraine (Kyiv, Ukraine)

E-mail: vgrechaninov@gmail.com. **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-6268-3204>

²PhD Student, Junior Researcher, Research Department «Theory and practice of processing and display of visual information»
Institute of Mathematical Machines and Systems Problems of the NAS of Ukraine (Kyiv, Ukraine)

E-mail: vitya.grechaninov@gmail.com. **ORCID:** <https://orcid.org/0009-0002-8400-6401>

SOME ASPECTS OF DEVELOPING A SYSTEM FOR MONITORING THE UNDERWATER AND SURFACE SITUATION FOR NAVAL FORCES

The article examines the conceptual foundations of automatization of situation management within a system for monitoring the underwater and surface situation in the Black Sea area under contemporary military challenges. Existing means of observing the maritime environment are analyzed, and their main limitations in ensuring continuous monitoring and operational concealment are identified. An architectural model of an integrated automated system, which includes a sensor layer, regional data processing centers, and a central situation center is proposed. The possibility of using a network of stationary seabed hydroacoustic stations in combination with unmanned surface platforms for data collection and transmission is considered.

Particular attention is paid to the implementation of situation management using artificial intelligence technologies, including neural networks and large language models, for data integration, risk assessment, and automatized scenario modeling of possible developments. There is also proposed a structure of an expert knowledge base supporting managerial decision-making. Therefore, the proposed approach contributes to improving maritime situational awareness and enhancing the effectiveness of decision-making in dynamic operational environments.

The proposed architecture enables multi-source data fusion, supports scalable deployment of distributed sensors, and facilitates the rapid detection and reaction to maritime threats. It also provides a technological basis for integrating heterogeneous monitoring assets into a unified information space, thereby increasing the resilience and adaptability of maritime security systems. Such an approach creates conditions for more effective coordination between monitoring components and analytical modules while supporting timely response to emerging operational situations. The obtained results may be used in the development of a system for monitoring the underwater and surface situation for the Naval Forces of the Armed Forces of Ukraine.

Keywords: models; maritime situational awareness; underwater surveillance; surface maritime monitoring; situational management.

Fig.: 5. References: 10.