The Central Research institute
of the Armed Forces of Ukraine

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No. 2 (2026)

Received: *March 11, 2026*| **Revisions Requested:** - | **Revision Received:** -
Accepted: *May 6, 2026* | **Published Online:** *August 5, 2026*

Licensed (C) by Creative Commons Attribution International License 4.0 (CC BY-NC-SA)

DOI: 10.62524/msj.2026.4.2.23

Концептуальна архітектура інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень військового призначення з інтегрованим модифікованим ієрархічним трансформером

Віктор Челкован
начальник відділу
Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України
03049, проспект Повітряних Сил, 28 Б, Київ, Україна
e-mail: vichell12@gmail.com
ORCID: 0009-0001-4522-6260

Анотація. Сучасні збройні конфлікти, зокрема широкомасштабна війна росії проти України, засвідчили критичну залежність ефективності бойових дій від швидкості та якості управлінських рішень. Зростання обсягів і різнорідності даних від сенсорів, засобів розвідки та автоматизованих систем управління військами ставить перед науковою спільнотою завдання створення інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень, які будуть здатні забезпечити повний контур оброблення – від мультимодальних джерел до пояснюваного варіанта дій. При цьому обов'язково збереження остаточного рішення за людиною, що відповідає сучасним принципам відповідального застосування штучного інтелекту у сфері оборони. Метою статті є розроблення концептуальної архітектури інтелектуальної систем підтримки прийняття рішень військового призначення, ядром якої виступає модифікований ієрархічний трансформер із механізмом самоуваги та матрицею когнітивних впливів, обґрунтований автором у попередній публікації. Методологічну основу дослідження становлять системний аналіз, архітектурне проєктування інформаційних систем, класичні моделі злиття даних та побудови систем підтримки прийняття рішень, а також апарат нечітких когнітивних карт. Основним результатом є концептуальна архітектура, що охоплює сім функціональних шарів. Це забезпечує наскрізний контур оброблення – від мультисенсорних джерел через модифікований ієрархічний трансформер з матрицею когнітивних впливів до інтерфейсу командира з модулем пояснюваності. Замкнений зворотний зв'язок між базою когнітивних карт та трансформером дозволяє адаптивно коригувати параметри моделі на основі рішень командира, що забезпечує пояснюваність, простежуваність та керованість системи. Практична значущість полягає у формуванні теоретичної основи для побудови цілісної інтелектуальної систем підтримки прийняття рішень, яка поєднує аналітичні можливості нейронних мереж із структурованими експертними причинно-наслідковими знаннями в єдиному контурі автоматизованої системи управління військами.

Ключові слова: система підтримки прийняття рішень; модифікований ієрархічний трансформер; нечітка когнітивна карта; матриця когнітивних впливів; злиття даних; пояснюваний штучний інтелект.

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No. 2 (2026)

Вступ (Introduction)

Трансформація характеру збройних конфліктів у першій чверті XXI століття поставила перед військовою наукою комплекс нових викликів, пов'язаних із прийняттям рішень в умовах інформаційної перевантаженості. Потоки даних від радіолокаційних станцій, оптико-електронних систем, засобів радіоелектронної розвідки та агентурної розвідки формують мультимодальне інформаційне середовище, обсяг якого значно перевищує когнітивні можливості персоналу штабів. За таких умов виникає об'єктивна потреба в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень (далі – СППР), які будуть здатні агрегувати гетерогенні дані та генерувати обґрунтовані варіанти способів дій. При цьому остаточне рішення обов'язково має залишатись за командиром [25].

Водночас інтеграція технологій штучного інтелекту в контури АСУВ висуває жорсткі вимоги до прозорості та підконтрольності таких систем. Міжнародними орієнтирами в цій сфері слугують переглянута Стратегія ШІ НАТО (2024) [1], що розвиває першу редакцію 2021 р. [2], та Етичні принципи ШІ Міністерства оборони США [3], де сформульовано шість принципів відповідального використання штучного інтелекту (англ. PRU, Principles of Responsible Use of AI). Ці принципи передбачають пояснюваність, простежуваність та керованість кожного рішення, запропонованого системою. Існуючі СППР або базуються на класичних підходах (експертні системи, деревоподібні моделі). Вони не забезпечують ефективного злиття мультимодальних даних, або використовують глибокі нейронні мережі, які функціонують як "чорні скриньки" [27] та порушують принцип пояснюваності.

У публікації [4] авторами обґрунтовано модифікований ієрархічний трансформер – нейромережеву архітектуру, в якій класичний механізм масштабованої точкової самоуваги [5] розширено матрицею когнітивних впливів Ф на основі нечітких когнітивних карт Коско [6]. Проте стаття [4] зосередилася на окремому компоненті й не розкрила системного питання: яким чином цей компонент вбудовується у повний контур оброблення від сенсорних джерел до особи, що приймає рішення (далі – ОПР) і зворотного зв'язку. Метою цього дослідження є розроблення та обґрунтування концептуальної семишарової архітектури інтелектуальної СППР військового призначення, яка інтегрує зазначене ядро у цілісний контур АСУВ із дотриманням принципів відповідального використання штучного інтелекту.

Огляд літератури (Literature Review)

Теоретичний фундамент побудови СППР закладено у роботах Р. Спрегю та Е. Карлсона [7], які сформулювали класичну тришарову парадигму DDM (Database – Dialog – Model). Валідність цієї парадигми підтверджена й у сучасних умовах великих даних та когнітивних обчислень, як показав Г. Ватсон [8]. Типологію СППР розширив Д. Пауер [9], виокремивши п'ять класів залежно від ключового ресурсу системи: комунікації, дані, документи, знання та моделі. Голсепл та Е. Вінстон [26] пішли далі та побудували шестикомпонентну модель, у якій підсистеми знань і комунікації відокремлені від аналітичного ядра, що має принципове значення для архітектур із вбудованою базою знань.

Ключовою теоретичною основою для організації потоків даних у мультисенсорних системах є модель злиття, яка була розроблена в рамках програми Об'єднаного комітету директорів лабораторій (JDL, Joint Directors of Laboratories). У доопрацьованій А. Штайнбергом, К. Боуменом та Ф. Вайтом [10] версії модель охоплює п'ять рівнів оброблення – від первинної оцінки сигналів до адаптивного уточнення самого процесу злиття. Пізніше Дж. Ллінас та ін. [11, 12] доповнили модель шостим рівнем, що формалізує когнітивний контур особи, яка приймає рішення, – її здатність інтерпретувати, коригувати та спрямовувати роботу системи. Альтернативний погляд на систематизацію злиття запропонував Б. Дасарат [13], який класифікував методи за співвідношенням між входами та виходами оброблення.

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No. 2 (2026)

Питання сумісності АСУВ НАТО вирішується за допомогою стандартизованої інформаційної моделі обміну даними JC3IEDM, затвердженої як STANAG 5525 [14]. Проєктування архітектур інформаційно-комунікаційних систем військового призначення, своєю чергою, спирається на архітектурну методологію NAFv4 [15] та міжнародний стандарт опису архітектури ISO/IEC/IEEE 42010:2022 [16], які визначають набір точок зору, моделей та правил їх узгодження.

Оперативний контекст прийняття рішень формалізується двома взаємодоповнювальними підходами. Концепція циклу “спостереження – орієнтування – рішення – дія”(OODA, Observe – Orient – Decide – Act), запропонована Дж. Бойдом [18], яка описує логіку випередження противника за рахунок швидкості управлінського циклу. А нормативний процес прийняття військових рішень MDMP (Military Decision-Making Process), що визначений документом FM 5-0 [19], деталізує цю логіку у семи послідовних кроках – від отримання завдання до прийняття рішення та доведення розпорядчих документів.

Окремий напрям досліджень становлять трансформерні моделі для оброблення мультимодальних даних. Систематичні огляди П. Сю та ін. [20], Т. Балтрушайтіса та ін. [21] і Ф. Чжао та ін. [22] розкривають спектр підходів до перетворення гетерогенних входів у єдиний простір подання, а також варіанти організації механізмів уваги – від внутрішньомодальної самоуваги до міжмодальної крос-уваги.

Водночас залишається відкритим питання оброблення асинхронних потоків, у яких джерела оновлюються з різною частотою та нерегулярно. Відповіддю на цю проблему є навчані темпоральні вкладення – зокрема підхід Time2Vec [23], що формує векторне подання часу з лінійною та періодичними компонентами, а також позиційно-темпоральні вкладення для багатовимірних часових рядів [24].

Когнітивний вимір взаємодії людини із системою формалізує модель ситуаційної обізнаності М. Ендслі [25], яка виокремлює три рівні осмислення обстановки: сприйняття елементів середовища, розуміння їх взаємозв’язків та прогнозування подальшого розвитку подій. Ця модель є важливою когнітивною рамкою для проєктування верхніх шарів архітектури, де результати машинного аналізу мають бути подані у формі, що відповідає природним механізмам мислення командира.

Нарешті, проблему прозорості нейромережевих моделей систематизовано у роботі А. Ададі та М. Берради [27], яка окреслює вимоги до пояснюваного штучного інтелекту та фіксує протиріччя між точністю глибоких мереж і здатністю людини зрозуміти логіку їхніх рішень.

Проведений аналіз засвідчує, що кожен із розглянутих напрямів – теорія побудови СППР, моделі злиття даних, стандарти інтероперабельності, мультимодальні трансформери, пояснюваний штучний інтелект – пропонує розв’язання окремого аспекту проблеми. Проте жодне з відомих рішень не об’єднує ці аспекти у цілісну архітектуру, яка інтегрувала б експертні причинно-наслідкові знання безпосередньо в механізм уваги нейромережі, забезпечувала наскрізний контур оброблення від сенсорних джерел до командира та реалізовувала принципи відповідального застосування штучного інтелекту через замкнений зворотний зв’язок на основі когнітивних карт.

Методологічна основа (Methodological Framework)

Дослідження виконано в рамках теоретико-системного підходу і належить до категорії архітектурного проєктування інформаційних систем. Основним методологічним інструментом є системний аналіз, що дозволяє декомпозувати складну проблему побудови інтелектуальної СППР на функціональні підсистеми, визначити зв’язки між ними та обґрунтувати вибір кожного компонента.

Архітектурне проєктування спирається на три стандартизовані підходи, обрані

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No. 2 (2026)

відповідно до потреб різних аудиторій. Стандарт функціонального моделювання IDEF0 [17] є основним засобом подання семишарової архітектури: кожен шар описується як функціональний блок із чотирма типами інтерфейсів – входами, управлінням, виходами та механізмами (ICOM, Input, Control, Output, Mechanism). Стандарт опису архітектури ISO/IEC/IEEE 42010:2022 [16] задає концептуальну рамку через визначення зацікавлених сторін, їхніх інтересів та відповідних архітектурних точок зору і моделей. Архітектурний підхід NAFv4 [15] забезпечує перспективу сумісності з АСУВ країн-партнерів.

Теоретичну основу для визначення рівнів оброблення та організації потоків даних становить модель злиття JDL [10, 12] із шістьма рівнями – від первинної оцінки сигналів до когнітивного контуру особи, що приймає рішення. Кожен шар запропонованої архітектури зіставлено з відповідним рівнем цієї моделі, що забезпечує порівнянність із існуючими підходами та єдину термінологічну основу. Парадигма побудови СППР базується на класичній тришаровій моделі Спрегю і Карлсона [7] з урахуванням її сучасного перегляду Ватсоном [8] та розширеної типології Пауера [9].

Для формалізації доменних знань застосовано апарат нечітких когнітивних карт Б. Коско [6], що дозволяє подати причинно-наслідкові залежності між концептами бойового простору у вигляді зваженого орієнтованого графа. Матриця суміжності когнітивної карти трансформується у матрицю когнітивних впливів Ф, яка інтегрується безпосередньо в механізм самоуваги трансформера відповідно до опису, який обґрунтовано в [4].

Прив’язка архітектури до оперативного контексту здійснюється через зіставлення її шарів із фазами циклу OODA Бойда [18] та кроками нормативного штабного процесу MDMP (FM 5-0) [19].

Це дає змогу чітко визначити, які саме етапи роботи командира та штабу підтримує кожен функціональний шар. Сумісність із АСУВ країн-партнерів забезпечується через стандартизовану модель обміну даними JC3IEDM (STANAG 5525) [14], яка визначає єдину семантику подання елементів бойового простору. Для узгодження машинного аналізу з природними механізмами мислення командира залучено модель ситуаційної обізнаності Ендслі [23], що виокремлює три рівні осмислення обстановки – сприйняття, розуміння та прогнозування.

Сукупність зазначених теоретичних і нормативних засад формує методологічне підґрунтя, на якому побудовано запропоновану архітектуру.

Результати та обговорення (Results and Discussions)

Розроблено концептуальну архітектуру інтелектуальної СППР військового призначення, що охоплює сім функціональних шарів. Потік даних рухається від сенсорних джерел до командира, а замкнений контур зворотного зв’язку дозволяє командиру коригувати як параметри оброблення, так і базу знань системи. Архітектуру формалізовано у вигляді IDEF0-діаграми рівня A0 (блоки A1–A7). Далі розкрито зміст кожного шару із зіставленням до моделей злиття даних, стандартів інтероперабельності та математичного апарату, обґрунтованого у [4] (рис. 1).

Шар 1 (Джерела даних). Нижній шар архітектури об’єднує різнорідні джерела інформації, кожне з яких має власний формат, частоту оновлення та рівень достовірності. До них належать радіолокаційні станції, оптико-електронні та інфрачервоні засоби спостереження, канали радіоелектронної розвідки (SIGINT), формалізовані повідомлення від агентурних джерел (HUMINT), а також структуровані потоки від АСУВ. Цей шар виконує функції рівня L0 – первинне оброблення сигналів та попередню класифікацію виявлених об’єктів. Для забезпечення семантичної однозначності незалежно від джерела всі елементи бойового простору подаються через стандартизований підхід JC3IEDM – типи об’єктів, координати, метадані доповідей. Це створює єдину понятійну основу для подальших рівнів оброблення.

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No. 2 (2026)

Шар 2 (Попереднє оброблення та темпоральна синхронізація). Завданням цього шару є приведення різнорідних потоків до спільного формату: нормалізація значень, реєстрація у єдиній просторово-часовій системі координат та синхронізація даних, що надходять з різною періодичністю.

Саме асинхронність становить принципову складність: радар оновлює інформацію десятки разів на секунду, оптико-електронні засоби – кілька разів на секунду, повідомлення радіоелектронної розвідки з'являються нерегулярно, а агентурні дані можуть запізнюватися на хвилини й навіть години.

Для узгодження цих потоків у часі архітектура застосовує навчені темпоральні вкладення. Підхід Time2Vec [23] формує векторне подання моменту часу, що поєднує лінійну та періодичні компоненти, тоді як підхід Зервеаса та ін. [24] забезпечує повністю навчені позиційно-темпоральні вкладення, розраховані на ряди змінної довжини з нерегулярними інтервалами між спостереженнями. Додатково у цьому шарі реалізовано механізм згасання застарілих даних, обґрунтований у статті [4]: він визначає, якою мірою давніші спостереження впливають на формування поточної оцінки обстановки, і діє як фільтр перед подачею даних у механізм крос-модальної уваги трансформера.

Шар 3 (Ядро – модифікований ієрархічний трансформер). Центральний елемент архітектури виконує роль "мосту" між попереднім обробленням та вищими рівнями аналізу. Він охоплює функції рівнів L1 та L2 – від ідентифікації та відстеження окремих об'єктів до визначення зв'язків між ними, таких як належність до угруповання або характер маневру.

З точки зору мультимодального машинного навчання трансформер вирішує задачу злиття інформації з принципово різних джерел – радіолокаційних, оптико-електронних, радіоелектронних та агентурних – в єдине узгоджене подання обстановки.

За класифікацією Балтрушайтіса та ін. [21] це відповідає задачі мультимодального злиття, а за класифікацією Сю та ін. [20] архітектура реалізує підхід проміжного злиття з крос-модальною увагою. Суть підходу полягає в тому, що кожна модальність спочатку обробляється власним кодувальником із внутрішньою самоувагою, а потім відбувається об'єднання через міжмодальний механізм уваги, доповнений матрицею когнітивних впливів Ф. Огляд Чжао та ін. [22] відносить такий підхід до категорії злиття на основі уваги.

Після попереднього оброблення у шарі 2 дані від кожного джерела перетворюються на послідовності токенів – дискретних одиниць подання, з якими працює трансформер.

Кожен токен отримує складений вектор вкладення з трьох компонентів: модального (яке джерело), позиційного (місце у послідовності) та темпорального (коли саме надійшло спостереження). Темпоральна складова формується за підходами Time2Vec [23] або Зервеаса та ін. [24] і поєднується з механізмом згасання, описаним у [4] Це, своєю чергою, утворює єдиний часовий контекст, що визначає актуальність кожного спостереження.

Головною інновацією ядра є модифікація класичного механізму масштабованої точкової самоуваги. У стандартній архітектурі трансформера [6] ваги уваги визначаються виключно скалярним добутком матриць запитів і ключів – тобто суто статистичними залежностями, засвоєними з даних. У запропонованій архітектурі цей добуток доповнюється матрицею когнітивних впливів Ф, побудованою на основі нечітких когнітивних карт Коско [5]. Кожен елемент матриці відображає силу і напрямок причинно-наслідкового зв'язку між двома концептами бойового простору: додатне значення підсилює увагу між відповідними токенами, від'ємне – послаблює, нульове – залишає без змін. Ваги когнітивної карти формуються експертами – командирами та аналітиками, які володіють доменним знанням про закономірності бойових дій, – і можуть додатково уточнюватися на основі історичних даних попередніх операцій.

The Central Research institute
of the Armed Forces of Ukraine
ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No. 2 (2026)

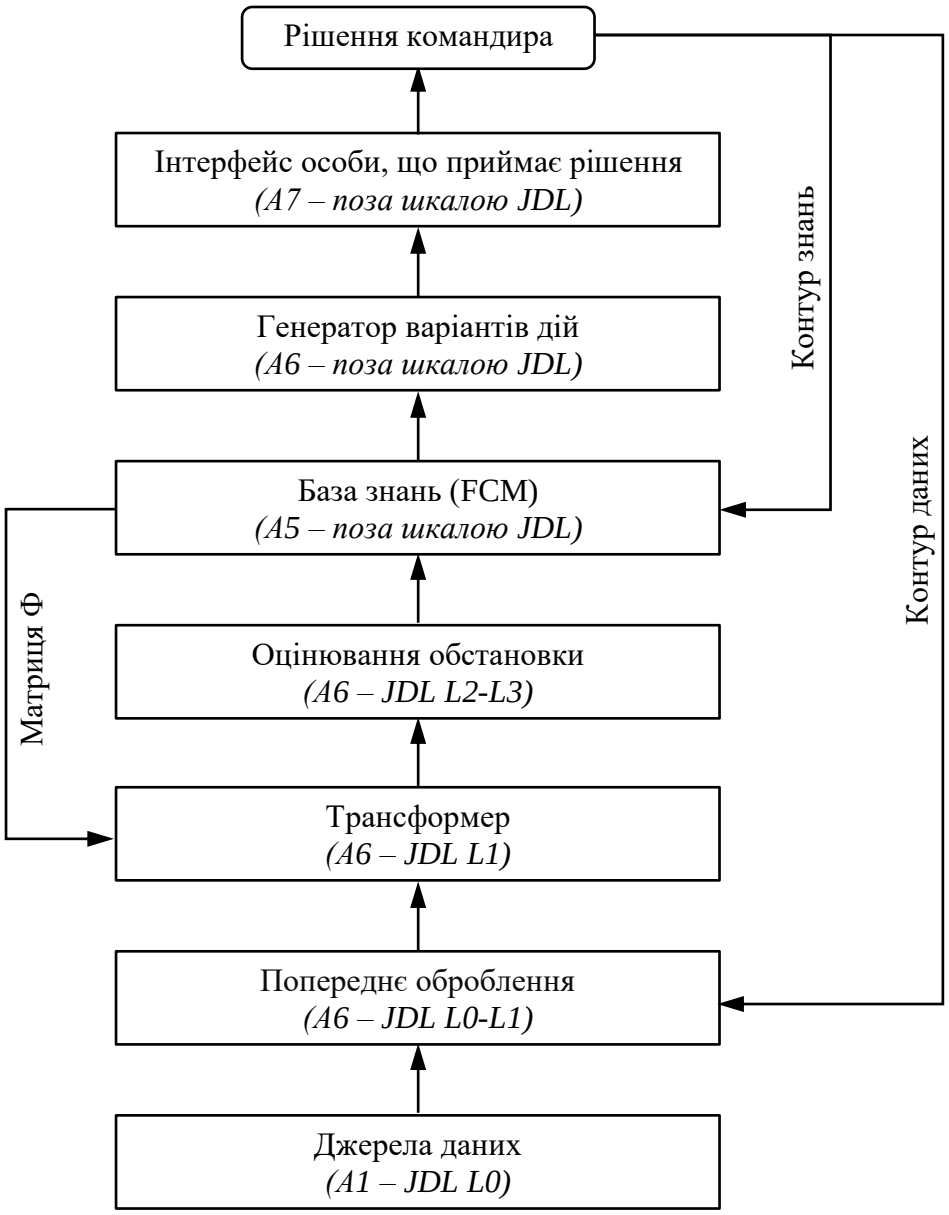


Рисунок 1. Семишарова концептуальна архітектура інтелектуальної СППР військового призначення (IDEF0-діаграма рівня A0, блоки A1-A7)

Матриця Ф відіграє у системі подвійну роль. З інженерної точки зору вона звужує простір уваги нейромережі, спрямовуючи його вздовж відомих причинно-наслідкових зв'язків.

Очікуваним наслідком є прискорення збіжності навчання та підвищення якості оцінок в умовах, коли обсяг навчальних даних обмежений – а у військовій сфері це є типовою ситуацією. З точки зору пояснюваності кожна ненульова компонента матриці має конкретну інтерпретацію: "концепт A впливає на концепт B із силою w, визначеною експертом". Це дозволяє генерувати обґрунтування рішень у формі, зрозумілій командиру, і безпосередньо реалізує принципи пояснюваності та простежуваності, закріплені у Стратегії ШІ НАТО [1] та Етичних принципах ШІ DoD [2].

Нарешті, для узгодження аналізу на тактичному та оперативному рівнях командування

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No. 2 (2026)

архітектура передбачає ієрархічний механізм уваги з проєкційними матрицями, обґрунтованими у [4]. Проєкція "вгору" агрегує результати тактичного рівня до оперативного подання, а проєкція "вниз" повертає оперативні оцінки назад на тактичний рівень. Такий двонаправлений обмін відтворює реальну практику взаємодії між підрозділами та вищими штабами, де рішення верхнього рівня уточнюють завдання нижнього, а дані з поля бою коригують оперативну картину.

Шар 4 (Оцінювання обстановки). Четвертий шар перетворює результати мультимодального злиття, отримані від ядра-трансформера, у комплексну оцінку обстановки. Він охоплює функції двох рівнів: ситуаційну оцінку (визначення зв'язків між об'єктами, виявлення угруповань та характеру маневрів) і оцінку загроз (прогнозування ймовірних намірів противника та оцінку ризиків для власних сил). Якщо провести паралель із моделлю ситуаційної обізнаності Ендслі [25], то саме на цьому шарі відбувається перехід від розуміння поточного стану обстановки до прогнозування її розвитку. Тобто від відповіді на питання "що відбувається зараз" до відповіді на питання "що станеться далі". Результат оцінювання формується як структурований звіт, прив'язаний до стандартизованих таксономій JC3IEDM, що робить його однаково придатним і для сприйняття командиром, і для автоматизованого оброблення на наступних шарах архітектури.

Шар 5 (База знань – нечітка когнітивна карта). П'ятий шар зберігає експертні знання про причинно-наслідкові залежності на полі бою у формі нечіткої когнітивної карти – зваженого орієнтованого графа. Його вершини відповідають ключовим концептам бойового простору: об'єктам, загрозам, спроможностям, завданням. Ребра між вершинами кодують причинно-наслідкові зв'язки, а їхні ваги від −1 до 1 відображають силу і напрямок впливу одного чинника на інший. Методика побудови та наповнення таких карт для потреб СППР є предметом окремої роботи автора.

На основі матриці суміжності когнітивної карти через функцію нормалізації формується матриця когнітивних впливів Ф у форматі, сумісному з механізмом уваги трансформера. Принципово важливим є те, що ця матриця не є статичною: командир через інтерфейс шару 7 може в будь-який момент скоригувати ваги когнітивної карти, і ці зміни негайно відобразяться на матриці Ф, а отже – на поведінці трансформера. Саме цей замкнений контур "командир – база знань – ядро" є ключовою архітектурною відмінністю від класичних трансформерних моделей, де параметри уваги визначаються виключно під час навчання.

Контур забезпечує одночасно дві фундаментальні властивості: адаптивність системи до змін оперативної обстановки та реальний контроль з боку людини, яка безпосередньо впливає на причинно-наслідкову модель, закладену в основу роботи нейромережі.

Шар 6 (Генератор варіантів рішень). Шостий шар об'єднує результати оцінювання обстановки із шару 4 та інформацію про наявні спроможності з бази знань шару 5, щоб сформувати ранжований перелік можливих варіантів дій. Кожен варіант подається не як ізольована пропозиція, а як обґрунтований пакет: з оцінкою очікуваної ефективності, переліком сил і засобів, які необхідно залучити, оцінкою супутніх ризиків та, що принципово, – із посиланнями на конкретні причинно-наслідкові зв'язки когнітивної карти, які лежать в основі цього варіанта.

У термінах MDMP [19] генерація варіантів відповідає кроку розроблення, а їхнє ранжування – кроку порівняння. Суттєво, що генератор не конструює рішення "з нуля", а спирається на причинно-наслідкові залежності, закладені експертами у когнітивну карту. Завдяки цьому логіка, за якою система пропонує той чи інший варіант, залишається прозорою та зрозумілою для офіцерів штабу.

Шар 7 (Інтерфейс ОПР з модулем пояснюваності). Верхній шар відповідає за подання результатів роботи системи у формі, зручній для командира: інтерактивна карта обстановки, ранжований перелік варіантів дій з оцінками та текстові й графічні пояснення до кожного з

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No. 2 (2026)

них. Ключовою складовою шару є модуль пояснюваності, який перетворює числові значення матриці Ф та ваги уваги на зрозумілі обґрунтування природною мовою. Наприклад, система може повідомити командиру: “Рекомендовано COA-2, оскільки загроза T1 (бронегрупа противника) суттєво впливає на спроможність C3 (утримання рубежу) із вагою φ = 0,82, а в секторі S2 виявлено аномальну концентрацію об’єктів”.

Завдяки тому, що кожен елемент обґрунтування має конкретне джерело – експертну вагу когнітивної карти або розрахований коефіцієнт уваги, – система не залишається “чорною скринькою”, а дозволяє командиру перевірити логіку кожної рекомендації. Це безпосередньо реалізує принципи пояснюваності та простежуваності.

Для забезпечення порівнянності із існуючими підходами кожен шар архітектури зіставлено з відповідним рівнем моделі злиття даних JDL [10–12]; результати зведено у таблиці 1. Шари 1–4 безпосередньо відповідають рівням L0–L3 – від первинного оброблення сигналів до прогнозування намірів противника. Рівні L4 та L5, які у канонічній моделі описують адаптацію самого процесу оброблення та когнітивний контур ОПР, реалізовано не окремими шарами, а двома гілками зворотного зв’язку: гілка “ОПР – шар 2” забезпечує функції рівня L4, а гілка “ОПР – шар 5 – шар 3” – рівня L5. Шари 5–7, що відповідають за зберігання експертних знань, генерацію варіантів дій та взаємодію з командиром, за своїми функціями виходять за межі канонічної шкали JDL, яка зосереджена переважно на обробленні та злитті даних.

Запропонована архітектура спроєктована як засіб пришвидшення циклу OODA Бойда [18] за умови збереження за людиною повної відповідальності за прийняте рішення. Логіка циклу OODA полягає в тому, що сторона, яка швидше проходить цикл “спостереження – орієнтування – рішення – дія”, отримує перевагу над противником. СППР бере на себе найбільш ресурсомісткі фази – автоматизоване збирання і злиття даних (Observe) та оцінювання обстановки (Orient). Тим самим вивільняє когнітивний ресурс командира для фаз, де людське судження є незамінним: прийняття рішення (Decide) та підготовка наказу (Act).

Таблиця 1. Зіставлення шарів архітектури з рівнями моделі JDL

Шар архітектури	Рівень JDL	Функція
Шар 1 (Джерела даних)	L0	Первинне оброблення сигналів, попередня класифікація
Шар 2 (Попереднє оброблення)	L0–L1	Нормалізація, темпоральне вирівнювання
Шар 3 (Трансформер)	L1	Ідентифікація, локалізація, мультимодальне злиття
Шар 4 (Оцінювання обстановки)	L2–L3	Визначення відносин, прогнозування намірів
Шар 5 (База знань FCM)	Поза шкалою JDL	Зберігання причинно-наслідкових знань, формування
Шар 6 (Генератор варіантів дій)	Поза шкалою JDL	Генерація та ранжування варіантів дій
Шар 7 (Інтерфейс ОПР / XAI)	Поза шкалою JDL	Візуалізація, пояснення, підтримка рішення
Контур зв’язку (ОПР – шар 5 – шар 3)	L5	Коригування когнітивної моделі
Контур зв’язку (ОПР – шар 2)	L4	Адаптація параметрів збирання та оброблення

Якщо зіставити шари архітектури з MDMP [17], відповідність виглядає так: шар 1 забезпечує фазу Observe та крок отримання завдання. Шари 2–4 підтримують фазу Orient та аналіз завдання, формують розуміння обстановки на рівнях сприйняття та прогнозування за моделлю Ендслі [23]. Шар 6 обслуговує фазу Decide, охоплюючи кроки розроблення, аналізу (воєнна гра) і порівняння варіантів дій. Шар 7 підтримує затвердження обраного варіанта, яке залишається виключною прерогативою командира.

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No. 2 (2026)

Важливо підкреслити, що СППР не підміняє командира. Сьомий крок MDMP – видання та доведення наказів – виходить за межі контуру системи підтримки і є предметом інтеграції з автоматизованими системами управління військами. Отже, архітектура охоплює кроки 1–6 штабного процесу, забезпечуючи інформаційну та аналітичну підтримку без посягання на сферу людської відповідальності.

Зворотний зв'язок від командира реалізує фазу Act у двох незалежних напрямках. Перша гілка – до шару 2 – виконує функцію рівня JDL L4: командир адаптує параметри збирання та оброблення даних, змінюючи пріоритети сенсорів або додаючи нові обмеження. Друга гілка – до шару 5 і далі до шару 3 – реалізує функцію рівня JDL L5: командир коригує ваги когнітивної карти, що негайно перераховує матрицю Ф і змінює поведінку ядра-трансформера. Обидві гілки можуть активуватися одночасно та незалежно одна від одної.

Запропонована архітектура утворює наскрізний контур оброблення, де кожен шар виконує чітко окреслену функцію та взаємодіє із сусідніми через формалізовані інтерфейси. Поєднання переваг підходу, заснованого на даних, – здатність навчатися, масштабованість, ефективність оброблення великих обсягів інформації – із пояснюваністю та контрольованістю, притаманними системам, побудованим на знаннях, архітектура займає унікальну нішу серед існуючих рішень.

Принциповим є спосіб інтеграції: матриця когнітивних впливів Ф вбудована безпосередньо в механізм самоуваги нейромережі, а не додана як зовнішній модуль постфактум-аналізу.

Це дозволяє експертним знанням впливати на глибинні закономірності оброблення інформації. Це якісно відрізняє запропоноване рішення від підходів, де пояснюваність зводиться до апостеріорної інтерпретації результатів "чорної скриньки" [27]. Наявність двох незалежних гілок зворотного зв'язку надає командиру реальні інструменти впливу на поведінку системи – умова, без якої жодна СППР не буде прийнята у реальних штабних процесах.

Висновок (Conclusion)

У статті розроблено та обґрунтовано концептуальну семишарову архітектуру інтелектуальної СППР військового призначення, ядром якої є модифікований ієрархічний трансформер із когнітивно-зваженою самоувагою. Отримані результати полягають у такому.

Запропоновано цілісну архітектуру, що з'єднує модифікований механізм самоуваги з матрицею когнітивних впливів Ф із повним контуром оброблення від мультимодальних сенсорних джерел до інтерфейсу командира. Кожен із семи шарів зіставлено з відповідними рівнями моделі JDL (L0–L5), що забезпечує теоретичну обґрунтованість та порівнянність із наявними підходами до злиття даних.

Встановлено, що архітектура є гібридом модельно-орієнтованого та орієнтованого на знання типів СППР за типологією Пауера. В цьому рішенні нейромережеве аналітичне ядро інтегровано з базою знань на основі нечітких когнітивних карт. Замкнений контур зворотного зв'язку між базою когнітивних карт та трансформером забезпечує адаптивне коригування матриці Ф на основі рішень командира. Це своєю чергою є ключовою архітектурною відмінністю від існуючих трансформерних моделей.

Показано, що шари архітектури підтримують усі фази циклу OODA та кроки процесу MDMP, при цьому остаточне рішення залишається за командиром, що реалізує принцип human-in-the-loop (людина в циклі). Подвійна функція матриці когнітивних впливів – інженерна (обмеження простору уваги) та пояснювальна (генерація зрозумілих обґрунтувань) – безпосередньо забезпечує дотримання принципів пояснюваності, простежуваності та керованості.

Слід наголосити, що стаття є теоретико-системною і містить виключно архітектурне

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No. 2 (2026)

обґрунтування. Усі зазначені переваги архітектури – прискорення оцінювання обстановки, підвищення якості злиття мультимодальних даних, забезпечення пояснюваності рішень – є очікуваними проєктованими властивостями, а не експериментально підтвердженими фактами. Подальші дослідження передбачають: розроблення методу побудови та навчання нечітких когнітивних карт для наповнення бази знань; програмну реалізацію трансформера та експериментальну перевірку впливу матриці Ф на якість злиття; дослідження кіберстійкості архітектури в умовах деградованого зв'язку та інтеграцію з інформаційно-комунікаційними системами Збройних Сил України.

Рекомендації (Recommendations)

Результати дослідження становлять цінність для науково-дослідних установ Міністерства оборони України та Збройних Сил України, які розробляють автоматизовані системи управління військами. Запропонована архітектура може слугувати теоретичною основою при проєктуванні перспективних інтелектуальних СППР, сумісних зі стандартами НАТО. Матеріали статті також є корисними для науковців і аспірантів, які досліджують проблематику застосування штучного інтелекту у сфері оборони та безпеки.

Конфлікт інтересів (Conflict of Interest)

Автор заявляє, що у нього немає конкуруючих інтересів за тематикою статті.

Використані джерела

1. NATO. (2024, July 10). *Summary of NATO's revised Artificial Intelligence (AI) strategy*. https://www.nato.int/en/about-us/official-texts-and-resources/official-texts/2024/07/10/summary-of-natos-revised-artificial-intelligence-ai-strategy
2. NATO. (2021, Oct. 22). *Summary of the NATO Artificial Intelligence Strategy*. https://www.nato.int/cps/em/natohq/official_texts_187617.htm
3. U.S. Department of Defense. (2020, Febr. 24). *DOD adopts 5 principles of artificial intelligence ethics*. https://www.army.mil/article/233690/dod_adopts_5_principles_of_artificial_intelligence_ethics
4. Синєглазов, В. М., & Челкован, В. І. (2025). Модифікований ієрархічний трансформер для інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень військового призначення. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*, *3* (54), 122–129. https://doi.org/10.33099/2311-7249/2025-3-54-122-129
5. Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, Ł., & Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. In *Advances in Neural Information Processing Systems 30* (pp. 5998–6008).
6. Kosko, B. (1986). Fuzzy cognitive maps. *International Journal of Man-Machine Studies, 24* (1), 65–75. https://doi.org/10.1016/S0020-7373(86)80040-2
7. Sprague, R. H., & Carlson, E. D. (1982). *Building effective decision support systems*. Prentice-Hall.
8. Watson, H. J. (2018). Revisiting Ralph Sprague's framework for developing decision support systems. *Communications of the Association for Information Systems, 42* (13). https://doi.org/10.17705/1CAIS.04213
9. Power, D. J. (2004). Specifying an expanded framework for classifying and describing decision support systems. *Communications of the Association for Information Systems*, *13*, 158–166.
10. Steinberg, A. N., Bowman, C. L., & White, F. E. (1999). Revisions to the JDL data fusion model. In *Proceedings of SPIE 3719: Sensor Fusion: Architectures, Algorithms, and Applications III* (pp. 430–441). https://doi.org/10.1117/12.341367
11. Llinas, J., Bowman, C. L., Rogova, G., Steinberg, A. N., Waltz, E., & White, F. E. (2004).

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No. 2 (2026)

Revisiting the JDL data fusion model II. In *Proceedings of the 7th International Conference on Information Fusion (FUSION 2004)*.
12. Liggins, M. E., Hall, D. L., & Llinas, J. (Eds.). (2009). *Handbook of multisensor data fusion: Theory and practice* (2nd ed.). CRC Press.
13. Dasarathy, B. V. (1997). Sensor fusion potential exploitation – Innovative architectures and illustrative applications. *Proceedings of the IEEE, 85* (1), 24–38. https://doi.org/10.1109/5.554206
14. NATO Standardization Agency. (2007, June 26). *STANAG 5525 Ed. 1: Joint C3 information exchange data model (JC3IEDM)*.
15. NATO C3B Architecture Capability Team. (2018, Jan.). *NATO architecture framework version 4* (AC/322-D(2018)0002).
16. ISO/IEC/IEEE. (2022). *Software, systems and enterprise – Architecture description* (ISO/IEC/IEEE 42010:2022, 2nd ed.).
17. NIST. (1993, Dec. 21). *Integration definition for function modeling (IDEF0)* (FIPS PUB 183). National Institute of Standards and Technology. (Withdrawn 2008)
18. Boyd, J. R. (1996, Jan.). *The essence of winning and losing* [Briefing slides]. (Final edition)
19. U.S. Department of the Army. (2022, May 16). *Field manual 5-0: Planning and orders production*.
20. Xu, P., Zhu, X., & Clifton, D. A. (2023). Multimodal learning with Transformers: A survey. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 45* (10), 12113–12132. https://doi.org/10.1109/TPAMI.2023.3275156
21. Baltrušaitis, T., Ahuja, C., & Morency, L.-P. (2019). Multimodal machine learning: A survey and taxonomy. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 41* (2), 423–443. https://doi.org/10.1109/TPAMI.2018.2798607
22. Zhao, F., Zhang, C., & Geng, B. (2024). Deep multimodal data fusion. *ACM Computing Surveys*, 56 (9), Article 216. https://doi.org/10.1145/3649447
23. Kazemi, S. M., Goel, R., Jain, K., Kobyzev, I., Sethi, A., Forsyth, P., & Poupart, P. (2019). *Time2Vec: Learning a general purpose representation of time. arXiv:1907.05321.*
24. Zerveas, G., Jayaraman, S., Patel, D., Bhamidipaty, A., & Eickhoff, C. (2021). A transformer-based framework for multivariate time series representation learning. In *Proceedings of the 27th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD '21)* (pp. 2114–2124). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3447548.3467401
25. Endsley, M. R. (1995). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors, 37* (1), 32–64. https://doi.org/10.1518/001872095779049543
26. Holsapple, C. W., & Whinston, A. B. (1996). *Decision support systems: A knowledge-based approach*. West Publishing.
27. Adadi, A., & Berrada, M. (2018). Peeking inside the black-box: A survey on explainable AI. *IEEE Access*, 6, 52138–52160. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2870052

References

1. NATO. (2024, July 10). *Summary of NATO's revised Artificial Intelligence (AI) strategy*. https://www.nato.int/en/about-us/official-texts-and-resources/official-texts/2024/07/10/summary-of-natos-revised-artificial-intelligence-ai-strategy
2. NATO. (2021, Oct. 22). *Summary of the NATO Artificial Intelligence Strategy*. https://www.nato.int/cps/em/natohq/official_texts_187617.htm
3. U.S. Department of Defense. (2020, Febr. 24). *DOD adopts 5 principles of artificial intelligence ethics*. https://www.army.mil/article/233690/dod_adopts_5_principles_of_artificial_intelligence_ethics
4. Syniehlazov, V. M., & Chelkovan, V. I. (2025). Modified hierarchical transformer for military

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No. 2 (2026)

decision support intelligent systems. Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence, *3* (54), 122–129. https://doi.org/10.33099/2311-7249/2025-3-54-122-129.

5. Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, Ł., & Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. In *Advances in Neural Information Processing Systems 30* (pp. 5998–6008).
6. Kosko, B. (1986). Fuzzy cognitive maps. *International Journal of Man-Machine Studies, 24* (1), 65–75. https://doi.org/10.1016/S0020-7373(86)80040-2
7. Sprague, R. H., & Carlson, E. D. (1982). *Building effective decision support systems*. Prentice-Hall.
8. Watson, H. J. (2018). Revisiting Ralph Sprague's framework for developing decision support systems. *Communications of the Association for Information Systems, 42* (13). https://doi.org/10.17705/1CAIS.04213
9. Power, D. J. (2004). Specifying an expanded framework for classifying and describing decision support systems. *Communications of the Association for Information Systems, 13,* 158–166.
10. Steinberg, A. N., Bowman, C. L., & White, F. E. (1999). Revisions to the JDL data fusion model. In *Proceedings of SPIE 3719: Sensor Fusion: Architectures, Algorithms, and Applications III* (pp. 430–441). https://doi.org/10.1117/12.341367
11. Llinas, J., Bowman, C. L., Rogova, G., Steinberg, A. N., Waltz, E., & White, F. E. (2004). Revisiting the JDL data fusion model II. In *Proceedings of the 7th International Conference on Information Fusion (FUSION 2004)*.
12. Liggins, M. E., Hall, D. L., & Llinas, J. (Eds.). (2009). *Handbook of multisensor data fusion: Theory and practice* (2nd ed.). CRC Press.
13. Dasarathy, B. V. (1997). Sensor fusion potential exploitation – Innovative architectures and illustrative applications. *Proceedings of the IEEE, 85* (1), 24–38. https://doi.org/10.1109/5.554206
14. NATO Standardization Agency. (2007, June 26). *STANAG 5525 Ed. 1: Joint C3 information exchange data model (JC3IEDM)*.
15. NATO C3B Architecture Capability Team. (2018, Jan.). *NATO architecture framework version 4* (AC/322-D(2018)0002).
16. ISO/IEC/IEEE. (2022). *Software, systems and enterprise – Architecture description* (ISO/IEC/IEEE 42010:2022, 2nd ed.).
17. NIST. (1993, Dec. 21). *Integration definition for function modeling (IDEF0)* (FIPS PUB 183). National Institute of Standards and Technology. (Withdrawn 2008)
18. Boyd, J. R. (1996, Jan.). *The essence of winning and losing* [Briefing slides]. (Final edition)
19. U.S. Department of the Army. (2022, May 16). *Field manual 5-0: Planning and orders production*.
20. Xu, P., Zhu, X., & Clifton, D. A. (2023). Multimodal learning with Transformers: A survey. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 45 (10), 12113–12132. https://doi.org/10.1109/TPAMI.2023.3275156
21. Baltrušaitis, T., Ahuja, C., & Morency, L.-P. (2019). Multimodal machine learning: A survey and taxonomy. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 41* (2), 423–443. https://doi.org/10.1109/TPAMI.2018.2798607
22. Zhao, F., Zhang, C., & Geng, B. (2024). Deep multimodal data fusion. *ACM Computing Surveys, 56* (9), Article 216. https://doi.org/10.1145/3649447
23. Kazemi, S. M., Goel, R., Jain, K., Kobyzev, I., Sethi, A., Forsyth, P., & Poupart, P. (2019). *Time2Vec: Learning a general purpose representation of time. arXiv:1907.05321.*
24. Zerveas, G., Jayaraman, S., Patel, D., Bhamidipaty, A., & Eickhoff, C. (2021). A transformer-based framework for multivariate time series representation learning. In *Proceedings of the*

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No. 2 (2026)

27th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD '21) (pp. 2114–2124). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3447548.3467401
25. Endsley, M. R. (1995). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors, 37* (1), 32–64. https://doi.org/10.1518/001872095779049543
26. Holsapple, C. W., & Whinston, A. B. (1996). *Decision support systems: A knowledge-based approach*. West Publishing.
27. Adadi, A., & Berrada, M. (2018). Peeking inside the black-box: A survey on explainable AI. *IEEE Access, 6*, 52138–52160. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2870052

The Conceptual Architecture of an Intelligent Military Decision Support System with an Integrated Modified Hierarchical Transformer

Viktor Chelkovan
Chief of Branch
Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine
03049, Povitrianykh Syl Avenue, 28 B, Kyiv, Ukraine
e-mail: vichell12@gmail.com
ORCID: 0009-0001-4522-6260

Abstract. Modern armed conflicts, in particular russia's full-scale war against Ukraine, have demonstrated the critical dependence of combat effectiveness on the speed and quality of management decisions. The growing volume and heterogeneity of data from sensors, intelligence assets and automated command and control systems pose the task for the scientific community of creating intelligent decision-support systems capable of ensuring a complete processing loop – from multimodal sources to an explainable course of action. At the same time, the final decision must necessarily remain with a human, which corresponds to modern principles of the responsible use of artificial intelligence in the defence sphere. The aim of the article is to develop a conceptual architecture of an intelligent military decision-support system, the core of which is a modified hierarchical transformer with a self-attention mechanism and a cognitive influence matrix, substantiated by the author in a previous publication. The methodological framework of the research consists of systems analysis, architectural design of information systems, classical models of data fusion and decision-support system development, as well as the apparatus of fuzzy cognitive maps. The main result is a conceptual architecture comprising seven functional layers. This ensures an end-to-end processing loop – from multisensor sources through a modified hierarchical transformer with a cognitive influence matrix to the commander's interface with an explainability module. The closed feedback loop between the cognitive map database and the transformer makes it possible to adaptively adjust the model parameters on the basis of the commander's decisions, thereby ensuring the explainability, traceability and controllability of the system. The practical significance consists in forming a theoretical basis for building an integrated intelligent decision-support system that combines the analytical capabilities of neural networks with structured expert causal knowledge within a single loop of an automated command and control system.

Keywords: decision support system; modified hierarchical transformer; fuzzy cognitive map; cognitive influence matrix; data fusion; explainable artificial intelligence.