

# Командування та управління нового покоління: архітектура домінування у прийнятті рішень для багатодомених операцій

## Резюме: Світанок алгоритмічної війни

Ініціатива Армії США «Командування та управління нового покоління» (Next Generation Command and Control, NGC2) є зміною парадигми у військових операціях, що виходить за межі поступових оновлень застарілих систем і рухається до фундаментального переосмислення способів ведення бойових дій. Цей звіт надає комплексний аналіз концепції NGC2, детально описуючи її стратегічні рушії, архітектурну основу, технології, що її забезпечують, та ключову роль у ширшому баченні Міністерства оборони (DoD) щодо Об'єднаного вседомених командування та управління (Combined Joint All-Domain Command and Control, CJADC2). NGC2 — це не окрема програма чи апаратний засіб; це орієнтована на дані, програмно-визначена екосистема, розроблена для забезпечення командирам «домінування у прийнятті рішень» — здатності виявляти, розуміти, вирішувати та діяти швидше й ефективніше за будь-якого супротивника.

Необхідність цієї трансформації зумовлена явними та доведеними недоліками систем командування та управління (C2) XX століття. Ці застарілі платформи, що характеризуються жорсткими, апаратно-орієнтованими конструкціями та фрагментованими «ізолюваними системами» (stovepipes) інформації, погано пристосовані до швидкості, масштабу та складності сучасної багатодоменої війни. Уроки з останніх конфліктів, зокрема в Україні, та стратегічні виклики, що їх створюють майже рівні супротивники в Індो-Тихоокеанському регіоні, підкреслили нагальну потребу в системах C2, які є мобільними, живучими, інтуїтивно зрозумілими та взаємосумісними.

В основі NGC2 лежить чотирирівневий технологічний стек — транспортний, обчислювальний/інфраструктурний, даних та прикладний — об'єднаний модульною відкритою системною архітектурою (MOSA). Ця структура призначена для руйнування інформаційних силосів шляхом створення єдиної тканини даних, розглядаючи дані як

загальноорганізаційний актив, а не власність конкретної системи. Ця орієнтована на дані основа уможлиблює інтеграцію ключових технологій, таких як штучний інтелект (ШІ) та машинне навчання (МН), які використовуються для автоматизації обробки даних, виявлення закономірностей та надання командирам предиктивної аналітики та інструментів підтримки прийняття рішень. Стійка мережа, що складається з гібриду наземних (5G, mesh) та космічних (SATCOM) транспортних засобів, а також розподілена архітектура хмарних та периферійних обчислень забезпечують функціонування системи в умовах протидії та погіршення зв'язку.

Як основний внесок Армії в загальну ініціативу CJADC2 Міністерства оборони, NGC2 розроблена для безшовної інтеграції з паралельними зусиллями Повітряних сил (Advanced Battle Management System), Військово-морських сил (Project Overmatch) та Космічних сил (National Defense Space Architecture). Ця «мережа мереж» є наріжним каменем стратегії Пентагону для майбутніх об'єднаних бойових дій. Впровадження NGC2 відображає її інноваційний дизайн, відмовляючись від традиційних моделей закупівель на користь постійних експериментів, швидкого прототипування з прямим зворотним зв'язком від солдатів та гнучких, орієнтованих на результат контрактів.

Однак шлях до реалізації бачення NGC2 пов'язаний зі значними викликами. Технічні перешкоди, пов'язані з масштабованістю та справжньою інтеграцією даних, поширені загрози кібербезпеці в гіперзв'язаному бойовому просторі, величезні труднощі з інтеграцією союзних партнерів, а також глибоко вкорінені програмні та культурні бар'єри становлять серйозні перешкоди. Крім того, глибока інтеграція ШІ в цикл C2 порушує глибокі етичні питання щодо підзвітності, людської автономії та виклику збереження значущого людського контролю в епоху війни на швидкості машин.

Цей звіт робить висновок, що, хоча виклики є значними, стратегічна необхідність NGC2 незаперечна. Її успіх вимагатиме постійної відданості не лише технологічному розвитку, але й інституційним, доктринальним та культурним перетворенням, які мають його супроводжувати. Для керівництва Міністерства оборони, керівників програм та промислових партнерів NGC2 є одночасно викликом покоління та безпрецедентною можливістю спроектувати майбутнє американської військової потужності.

## **Розділ 1: Стратегічний імператив: деконструкція застарілого командування та управління**

Генезис ініціативи «Командування та управління нового покоління» корениться в чіткій оцінці глибоких недоліків існуючих систем C2 Армії США в умовах глобального безпекового середовища, що швидко змінюється. Застаріла архітектура, продукт

десятиліть поступового переходу від аналогових до цифрових технологій, виявилася критичною вразливістю. Її вроджена жорсткість, фрагментація та відсутність живучості фундаментально несумісні з вимогами багатодомених операцій проти майже рівного супротивника.

## **1.1 Анатомія невдачі: ізольовані системи та жорсткість у С2 ХХ століття**

Системні недоліки попередніх систем С2 впливають з історії їхнього розвитку. У міру цифровізації збройних сил США окремі бойові спільноти — такі як вогневі засоби, розвідка, логістика та маневр — розробляли власні, несумісні системи.<sup>1</sup> Цей органічний, але неузгоджений ріст призвів до створення бойового середовища, що характеризується фрагментованими «ізольованими системами» або «силосами» інформації. Дані, згенеровані розвідувальною платформою, не могли бути легко або автоматично використані вогневою системою, що створювало розрізнену та часто запізнілу загальну оперативну картину (COP).<sup>2</sup>

Ця технологічна фрагментація була прямим симптомом глибшої інституційної та культурної реальності. Архітектура С2 була дзеркальним відображенням власної організаційної структури та процесів закупівель Армії. Можливості розроблялися на основі окремих документів з вимогами, ізольованих ліній фінансування, незалежних контрактів та архітектур «згори донизу» з крихкими, заздалегідь визначеними обмінами інформацією.<sup>5</sup> Ця модель за своєю суттю не змогла забезпечити адаптивні або інтегровані можливості для бійців, натомість створивши клаптикову ковдру з систем, які було важко підтримувати, неможливо швидко оновлювати та які не були здатні до справжньої об'єднаної взаємосумісності.<sup>6</sup>

Ці системи також визначалися своєю жорсткістю. Вони були тісно пов'язані з конкретним, часто пропріетарним, апаратним забезпеченням, що робило оновлення технологій повільним і дорогим. Це призводило до постійного застарівання, через що компоненти С2 Армії значно відставали від своїх комерційних аналогів.<sup>6</sup> В операційному плані ці системи не були достатньо мобільними, інтуїтивно зрозумілими чи живучими, щоб відповідати вимогам сучасної війни. Вони часто вимагали від підрозділів зупиняти операції для встановлення зв'язку та створення ситуаційної обізнаності, що є смертельною паузою на полі бою високої інтенсивності.<sup>2</sup>

## **1.2 Сучасне поле бою як каталізатор змін: уроки з України та**

## матриця загроз INDOPACOM

Теоретичні недоліки застарілих систем C2 були яскраво продемонстровані практичними реаліями сучасного конфлікту. Уроки, отримані під час підтримки операцій в Україні та Ізраїлі, у поєднанні з ретельними оцінками загроз у зоні відповідальності Індо-Тихоокеанського командування (INDOPACOM), стали незаперечним каталізатором змін. Ці спостереження показали, що поточні системи C2 Армії є небезпечно неадекватними проти складних, майже рівних супротивників.<sup>7</sup>

Сам характер війни трансформувався. Тепер він визначається потоком даних від повсюдних сенсорів і темпом операцій, що вимагає прийняття рішень за секунди, а не години.<sup>2</sup> Супротивники систематично вивчали американський спосіб ведення війни та ліквідували багато технологічних і методологічних переваг, які США колись вважали само собою зрозумілими. У цю нову еру інформаційна перевага та швидкість прийняття рішень стали вирішальними факторами на полі бою.<sup>8</sup>

Крім того, концепція живучості на полі бою була фундаментально переосмислена. Смертоносність і дальність сучасних мереж «сенсор-стрілець», як це видно в Україні, означають, що великі, статичні командні пункти з високою сигнатурою більше не є життєздатними; вони просто є цілями, що чекають на знищення. Живучість тепер залежить від розосередження, мобільності та управління сигнатурою — здатності командного вузла розподіляти свої елементи географічно, залишаючись при цьому повністю зв'язаним і функціональним.<sup>2</sup> Це операційне положення, яке застарілі системи C2, з їхньою залежністю від фізичного спільного розташування та важкої інфраструктури, просто не можуть підтримувати.

### 1.3 Від C2 Fix до чистого аркуша: еволюційний шлях до NGC2

Визнання Армією цих недоліків спонукало до кількох модернізаційних зусиль. NGC2 не виникла у вакуумі, а спирається на уроки попередніх ініціатив, зокрема «C2 Fix» та «Transformation in Contact».<sup>9</sup> Запущена у 2022 році, C2 Fix була прагматичною, короткостроковою спробою модернізувати можливості C2 для дивізій та бригад. Вона слугувала критичним мостом до NGC2, зосереджуючись на негайних, поступових покращеннях шляхом використання існуючих систем та комерційних технологій для підвищення мобільності операцій та спрощення процесів.<sup>9</sup>

Однак керівництво Армії визнало, що поступових виправлень буде недостатньо для досягнення тривалої переваги. Потрібен був більш радикальний підхід. Тому NGC2 є

«чистим аркушем» — фундаментально іншою концепцією, а не еволюцією застарілих систем.<sup>12</sup> Хоча C2 Fix забезпечила цінний «перший внесок» у технології нового покоління, NGC2 переосмислює всю архітектуру з нуля. Вона починається не з існуючих систем, а з самих даних, будуючи нову, орієнтовану на дані основу, розроблену для конкретних викликів війни XXI століття.<sup>9</sup> Цей свідомий розрив з минулим є визначальною характеристикою ініціативи NGC2.

**Таблиця 1: Порівняльний аналіз парадигм застарілих систем C2 та NGC2**

Характеристика	Застарілі системи C2	Командування та управління нового покоління (NGC2)
<b>Основна філософія</b>	Системоцентрична	Орієнтована на дані
<b>Архітектура</b>	Вертикально інтегрована (ізолювані системи)	Горизонтально інтегрована (технологічний стек)
<b>Управління даними</b>	Ізолювані, належать застосункам	Єдина тканина даних, загальноорганізаційний актив
<b>Модель розробки</b>	Водоспадна, жорсткі вимоги	Гнучка, постійні експерименти
<b>Залежність від апаратного забезпечення</b>	Тісно пов'язана, пропрієтарна	Апаратно-незалежна, на основі COTS
<b>Операційне положення</b>	Централізовані, статичні командні пункти	Розподілені, мобільні, розосереджені
<b>Взаємосумісність</b>	Крихкі, заздалегідь визначені обміни	Емерджентна, керована API
<b>Живучість</b>	На основі фізичного зміцнення	На основі розосередження та низької сигнатури

## Розділ 2: Бачення NGC2: нова філософія командування

NGC2 — це більше, ніж набір нових технологій; це нова філософія командування та радикальна перебудова інституційних процесів, що її підтримують. Вона визначається не як єдина, монолітна програма, а як «бачення» та «екосистема», призначена для сприяння безперервній адаптації та інноваціям.<sup>7</sup> Це бачення ґрунтується на трьох основних принципах: орієнтація на дані, модульна відкрита архітектура та непохитна зосередженість на користувачеві. Кінцевою метою є досягнення «домінування у прийнятті рішень» — стану, за якого командири США можуть послідовно перевершувати своїх супротивників у мисленні та темпах дій.

### 2.1 Визначення основних принципів: орієнтація на дані, відкрита архітектура та дизайн, орієнтований на користувача

Фундаментальним принципом NGC2 є перехід до **орієнтованого на дані** дизайну. У цій моделі інформація піднімається з рівня побічного продукту конкретних застосунків до рівня основного загальноорганізаційного активу, доступного на всіх ешелонах та для всіх бойових функцій.<sup>7</sup> Це гарантує, що кожен користувач і кожен застосунок працюють з єдиним, авторитетним джерелом даних, усуваючи інформаційні силиси, які були проблемою попередніх систем.

Цей орієнтований на дані підхід забезпечується **модульною відкритою системною архітектурою (MOSA)**.<sup>7</sup> MOSA — це філософія проектування, яка вимагає використання відкритих, схвалених урядом, непропрієтарних інтерфейсів між компонентами системи. Цей архітектурний вибір є свідомою стратегією для уникнення «прив'язки до постачальника», сприяння конкуренції та забезпечення безперервної інтеграції нових і новітніх технологій від різноманітних промислових партнерів.<sup>13</sup> Вона закладає адаптивність у систему з самого початку.

Нарешті, бачення NGC2 невинно **орієнтоване на користувача**. Дизайн надає пріоритет системам, які є інтуїтивно зрозумілими, легкими у вивченні та зменшують когнітивне навантаження на солдатів у стресових умовах.<sup>7</sup> Ця зосередженість на досвіді користувача є прямим визнанням того, що в насиченому даними бойовому просторі

людський мозок є кінцевим вузьким місцем. Складна, громіздка система, якою б технічно потужною вона не була, зазнає невдачі під тиском бою. Прагнучи до зручності використання сучасних комерційних застосунків — таких як прості додатки, що працюють на захищених планшетах і можуть безшовно переміщатися між транспортним засобом і командним пунктом — Армія розглядає людську когнітивну здатність як обмежений, критичний ресурс, який необхідно оптимізувати.<sup>2</sup>

## **2.2 Кінцева мета: досягнення «домінування у прийнятті рішень» зі швидкістю актуальності**

Бажаним кінцевим станом бачення NGC2 є надання командирам можливості приймати «більше, кращих і швидших рішень», ніж будь-який потенційний супротивник.<sup>7</sup> Ця здатність узагальнена терміном «домінування у прийнятті рішень» або «перевага у прийнятті рішень».<sup>8</sup> Це здатність обробляти інформацію та виконувати дії всередині циклу прийняття рішень противника, змушуючи його перебувати в постійно реактивній позиції.

NGC2 розроблена для досягнення цього шляхом фундаментального прискорення військового циклу «виявити, осмислити, діяти».<sup>8</sup> Завдяки безшовній інтеграції даних з величезної кількості сенсорів у всіх бойових функціях, а потім використанню ШІ та машинного навчання для швидкої обробки та аналізу цих даних, NGC2 може надавати командирам оперативну розвідувальну інформацію та предиктивні прогнози в режимі, близькому до реального часу. Це значно скорочує цикл Спостереження-Орієнтація-Рішення-Дія (OODA), стискаючи часові рамки та забезпечуючи темп операцій, який може переважити супротивника.<sup>13</sup>

## **2.3 Екосистема, а не програма: зміна парадигми закупівель та розробки**

Реалізація бачення NGC2 вимагає трансформації не лише технологій, але й інституційних процесів Армії щодо визначення вимог, ресурсного забезпечення та закупівель.<sup>6</sup> Традиційна, жорстка модель закупівель замінюється динамічним підходом, що ґрунтується на трьох стовпах.

По-перше, замість довгих, детальних специфікацій, які диктують технічне рішення, NGC2 використовує спрощений, чотиристорінковий документ «Характеристики потреби»

(CoN).<sup>6</sup> Цей документ зосереджується на описі операційної проблеми, яку Армія повинна вирішити, залишаючи «як» на розсуд промисловості. Цей перехід від «диктування рішення» до «опису проблеми» є глибокою культурною зміною, що трансформує роль закупівельного корпусу з менеджерів із закупівель на кураторів технологій, які можуть сприяти та направляти інновації.

По-друге, процес розробки ґрунтується на **постійних експериментах** з комерційними технологіями, що швидко розвиваються.<sup>7</sup> Це дозволяє Армії безперервно тестувати, вивчати та вдосконалювати можливості в реалістичних польових умовах, забезпечуючи розвиток технологій у тандемі з потребами бійців та мінливим ландшафтом загроз.

По-третє, ця нова модель сприяє створенню конкурентної та інноваційної **екосистеми промислових партнерів**.<sup>18</sup> Використовуючи відкриті стандарти та гнучкі контракти, Армія може залучати найкращі у своєму класі рішення як від традиційних, так і від нетрадиційних оборонних компаній. Весь цей процес розроблений так, щоб бути «астрономічно швидким» у порівнянні з багаторічними термінами традиційних оборонних програм, надаючи актуальні можливості зі швидкістю потреби.<sup>3</sup>

## Розділ 3: Архітектурний проєкт: всередині технологічного стеку NGC2

Технічна реалізація бачення NGC2 втілена в її архітектурі, яка концептуалізується як «повний стек» або «горизонтальний технологічний стек».<sup>2</sup> Ця багаторівнева модель є фундаментальною структурою, що забезпечує орієнтацію на дані та модульність. На відміну від вертикально інтегрованих ізольованих систем минулого, де кожна система містила власні функції транспорту, даних та застосунків, стек NGC2 розділяє ці функції на чотири окремі, але взаємопов'язані рівні. Це розділення, що забезпечується стандартизованими прикладними програмними інтерфейсами (API), є критичним технічним рішенням, яке дозволяє конкуренцію, запобігає прив'язці до постачальника та уможливорює швидку, незалежну еволюцію різних технологічних компонентів.

### 3.1 Фундамент: стійкий транспортний рівень

Нижнім і фундаментальним рівнем стеку є транспортний рівень, який відповідає за фізичне та логічне переміщення даних по всьому бойовому простору.<sup>2</sup> Ключовим



принципом цього рівня є те, що він «транспортно-агностичний», тобто розроблений для безшовного використання будь-якого доступного каналу зв'язку. Це включає різноманітну суміш тактичних радіостанцій прямої видимості, мобільних mesh-мереж, комерційного стільникового зв'язку (LTE/5G), Wi-Fi та надійної основи супутникового зв'язку (SATCOM), зокрема розгорнутих угруповань на низькій навколоземній орбіті (pLEO).<sup>21</sup>

Інтелект цього рівня полягає в програмно-визначених мережах (SDN). SDN забезпечує гнучку, програмовану та адаптивну мережеву архітектуру, яка може динамічно керувати трафіком, пріоритезувати дані на основі критичності місії та перенаправляти комунікації в реальному часі для подолання перешкод або погіршення мережі.<sup>4</sup> Ця автоматизація є вирішальною для підтримки зв'язку в умовах протидії в електромагнітному середовищі та значно зменшує навантаження на солдатів на тактичній межі щодо ручного налаштування мережі.<sup>4</sup>

### **3.2 Двигун: обчислювальний та інфраструктурний рівень**

Обчислювальний та інфраструктурний рівень забезпечує обчислювальну потужність, зберігання та сервіси, необхідні для роботи верхніх рівнів стеку.<sup>20</sup> Цей рівень втілює гібридне хмарне середовище, розроблене для надання можливостей C2 від центрів обробки даних корпоративного рівня до тактичної межі.<sup>13</sup>

Критичним компонентом цього рівня є «периферійні обчислення» (edge compute). Це передбачає розміщення потужних, але легких обчислювальних та сховищних вузлів безпосередньо на тактичних платформах, таких як транспортні засоби.<sup>3</sup> Периферійні обчислення є важливими для забезпечення операційної стійкості. Вони дозволяють підрозділам продовжувати обробку даних, запускати застосунки та приймати рішення навіть тоді, коли їхнє з'єднання з ширшою мережею відсутнє, переривчасте або має низьку пропускну здатність (DIL).<sup>19</sup> Коли зв'язок відновлюється, ці периферійні вузли можуть безшовно синхронізуватися з більшою хмарною інфраструктурою. Цей рівень також уможливорює віртуалізацію застарілих апаратних систем, що зменшує фізичний розмір, вагу та енергоспоживання (SWaP) командних пунктів, підвищуючи мобільність та зменшуючи логістичний хвіст тактичних формувань.<sup>13</sup>

### **3.3 Ядро: інтегрований рівень даних та єдина тканина даних**

Описаний армійськими чиновниками як «абсолютне ядро» та «секретний соус» усієї ініціативи, інтегрований рівень даних є серцем архітектури NGC2.<sup>19</sup> Цей рівень, також відомий як рівень операційних систем або інтеграційний рівень, відповідає за збір даних з незліченних розрізнених джерел, їх стандартизацію в єдиний формат та підготовку для використання застосунками.<sup>2</sup>

Він функціонує як «єдина тканина даних», руйнуючи інформаційні силоси застарілих систем шляхом створення єдиного, авторитетного джерела правди для всіх збройних сил.<sup>2</sup> Дані з кожного сенсора та системи з усіх бойових функцій надходять на цей рівень. Тут інструменти ШІ та машинного навчання виконують автоматизоване сортування, очищення, організацію та тегування інформації, перш ніж вона стане доступною для користувачів та застосунків.<sup>2</sup> Цей архітектурний вибір — створити автоматизований «нафтопереробний завод» даних, а не просто «озеро» сирих даних — є ключовою інновацією. Він визнає, що величезний обсяг сучасних сенсорних даних перевищує людські можливості для обробки та являє собою новий, автоматизований крок у розвідувальному циклі. Цей рівень даних слугує важливою основою, на якій будуть побудовані всі майбутні моделі Армії на основі ШІ та інструменти підтримки прийняття рішень.<sup>1</sup>

### 3.4 Інтерфейс: прикладний рівень

Прикладний рівень є вершиною стеку і є інтерфейсом, через який солдати та командири взаємодіють з екосистемою NGC2.<sup>2</sup> Він складається з набору модульних застосунків, кожен з яких надає специфічні функціональні можливості, адаптовані до різних бойових функцій, таких як розвідка, маневр, вогневі засоби, захист та забезпечення.<sup>2</sup>

Оскільки всі застосунки побудовані на спільному інтегрованому рівні даних і черпають з нього дані, вони за своєю суттю мають узгоджену загальну оперативну картину (COP) та єдиний набір інформації, що усуває розбіжності та проблеми з контролем версій, які були в минулому.<sup>2</sup> Цей рівень розроблений як апаратно-незалежний, із застосунками, які можуть працювати на різноманітних кінцевих пристроях, включаючи дисплеї, встановлені на транспортних засобах, захищені планшети та навіть окуляри доповненої реальності (AR).<sup>2</sup> На цьому рівні також розміщені передові інструменти підтримки прийняття рішень на основі ШІ, такі як експериментальний проєкт «Одін», який використовує підготовлені дані з нижнього рівня для надання предиктивних прогнозів, аналізу диспозицій дружніх та ворожих сил та генерації рекомендованих варіантів дій для командирів.<sup>23</sup>

#### Таблиця 2: Функціональний розподіл чотирирівневого технологічного стеку NGC2

Рівень	Основна функція	Ключові технології та концепції	Вирішує проблему...
<b>Прикладний рівень</b>	Взаємодія з користувачем та підтримка прийняття рішень	Застосунки для бойових функцій (вогневі засоби, розвідка), інструменти моделювання ШІ/МН (проект «Одін»), загальна оперативна картина (COP), користувацький інтерфейс (UI/UX) на планшетах/пристроях	Інформаційного перевантаження, повільного прийняття рішень, поганої ситуаційної обізнаності.
<b>Рівень даних (інтеграція/ОС)</b>	Збір, стандартизація та підготовка даних	Єдина тканина даних, спільна модель даних, сортування за допомогою ШІ/МН, стандартизовані API, дані як сервіс	Силосів даних, інформаційних ізольованих систем, відсутності єдиного джерела правди.
<b>Обчислювальний /інфраструктурний рівень</b>	Обробка та зберігання	Гібридна хмара, периферійні обчислення, віртуалізація, обчислювальні вузли на транспортних засобах	Великого фізичного сліду, залежності від стабільного зв'язку, неможливості працювати в умовах DIL.
<b>Транспортний рівень</b>	Переміщення даних та зв'язок	Програмно-визначені мережі (SDN), mesh-мережі, 5G/LTE, супутниковий	Жорсткості мережі, відсутності стійкості, неможливості

		зв'язок (SATCOM), тактичні радіостанції	адаптуватися до умов протидії в електромагнітном у спектрі.
--	--	---	--

## Розділ 4: Ключові технології: двигуни трансформації

Архітектура NGC2 оживає завдяки поєднанню передових технологій, які слугують двигунами її трансформаційного потенціалу. Хоча численні інновації сприяють розвитку екосистеми, три з них виділяються як фундаментальні стовпи: штучний інтелект та машинне навчання (ШІ/МН), модульна відкрита системна архітектура (MOSA) та стійка, платформо-незалежна мережа. Це не просто функції, а основні компоненти, що забезпечують швидкість, адаптивність та орієнтацію на дані, які лежать в основі філософії NGC2.

### 4.1 Штучний інтелект та машинне навчання: від сортування даних до предиктивної аналітики

ШІ/МН не є допоміжною функцією NGC2; це фундаментальний, незамінний елемент, вплетений у тканину її архітектури.<sup>1</sup> Його основна мета — дати змогу командирам та штабам осмислювати величезний обсяг та швидкість даних, що генеруються на сучасному полі бою. Ролі ШІ/МН у NGC2 є багатограними і охоплюють весь цикл прийняття рішень:

- **Автоматизована обробка та сортування даних:** На найпростішому рівні алгоритми ШІ/МН працюють в інтегрованому рівні даних для збору, сортування, кореляції та підготовки сирих потоків даних від тисяч сенсорів. Це автоматизоване сортування є важливим для перетворення хаотичного потоку інформації на чистий, організований та придатний для використання набір даних для людського аналізу та застосунків вищого порядку.<sup>2</sup>
- **Розпізнавання закономірностей та предиктивний аналіз:** Аналізуючи величезні, підготовлені набори даних, моделі ШІ можуть виявляти ледь помітні закономірності в діях противника, прогнозувати ймовірні варіанти дій та надавати ранні попередження про наближення загроз. Це змінює позицію командира з реактивної на проактивну.<sup>13</sup>

- **Інтелектуальна підтримка прийняття рішень:** Спираючись на цю предиктивну здатність, застосунки на основі ШІ можуть генерувати та оцінювати оптимізовані варіанти дій для командирів. Інструменти, такі як експериментальний проєкт «Одін», можуть аналізувати дані в реальному часі про стан дружніх сил (паливо, боєприпаси, місцезнаходження), диспозиції противника, рельєф та погоду, щоб рекомендувати найефективніші способи досягнення наміру командира. Це значно зменшує когнітивне навантаження на штаб та прискорює цикл OODA до швидкості машини.<sup>2</sup>

## **4.2 Модульна відкрита системна архітектура (MOSA): проєктування для адаптивності та уникнення прив'язки до постачальника**

MOSA є основною філософією проєктування, яка гарантує, що NGC2 може розвиватися та адаптуватися з часом.<sup>7</sup> Це дисциплінований підхід до системної інженерії, що спирається на використання відкритих, консенсусних, непропрієтарних стандартів для ключових інтерфейсів.<sup>13</sup> У технологічному стеку NGC2 це означає, що з'єднання між чотирма рівнями — і між окремими компонентами в кожному рівні — регулюються стандартизованими API.<sup>13</sup> Цей архітектурний вибір має глибокі стратегічні та бізнесові наслідки.

Прийняття MOSA фундаментально змінює відносини між Армією та оборонною промисловістю. Воно переносить центр цінності від закритих, пропрієтарних, комплексних систем до спеціалізованого програмного забезпечення, послуг даних та алгоритмічної продуктивності. Оскільки інтерфейси стандартизовані, Армія може «підключати та використовувати» компоненти від різних постачальників. Ця комодитизація з'єднань між системами запобігає проблемі «прив'язки до постачальника», коли уряд прив'язаний до одного підрядника на весь термін служби програми.<sup>16</sup> Вона створює динамічний та конкурентний ринок на кожному рівні стеку, дозволяючи Армії безперервно інтегрувати найкращі у своєму класі технології від суміші традиційних оборонних гігантів та інноваційних, нетрадиційних софтверних компаній.<sup>13</sup> Цей підхід є технічним засобом реалізації гнучкої стратегії закупівель, що забезпечує технологічну актуальність системи на десятиліття вперед.

## **4.3 Мережа як платформа: забезпечення зв'язку в умовах протидії**

Бачення NGC2 щодо орієнтованої на дані сили повністю залежить від існування надійної, стійкої та адаптивної мережі. Визнаючи, що майбутні поля бою характеризуватимуться інтенсивною радіоелектронною боротьбою та кібератаками, NGC2 надає пріоритет легким, мобільним та живучим мережевим рішенням, що забезпечують зв'язок на тактичній межі.<sup>13</sup> Це не єдина мережа, а «мережа мереж», яка використовує гібридний підхід до комунікацій:

- **Наземні та локальні мережі:** Для високошвидкісного зв'язку з низькою затримкою в межах тактичного формування NGC2 використовуватиме такі технології, як 5G/LTE та мобільні ad-hoc mesh-мережі (MANET). Вони дозволяють транспортним засобам та пішим солдатам створювати самоформовані, самовідновлювані локальні мережі для обміну даними, голосом та відео.<sup>24</sup>
- **Космічні глобальні мережі:** Для передачі даних на великі відстані та з'єднання розосереджених тактичних «бульбашок» мережа значною мірою покладається на супутниковий зв'язок. Це включає традиційні геостаціонарні супутники, а також нові угруповання розгорнутих супутників на низькій навколоземній орбіті (pLEO), які обіцяють більшу стійкість та меншу затримку.<sup>13</sup>

Ця гібридна мережа створює нову складну поверхню для атак та залежність від цивільної інфраструктури (наприклад, комерційних веж 5G та наземних станцій SATCOM), яка може стати ціллю для супротивників. Управління цим складним транспортним рівнем покладається на контролер SDN, який повинен інтелектуально маршрутизувати трафік, керувати пропускнуою здатністю та підтримувати зв'язок навіть тоді, коли частини мережі пошкоджені або знищені.<sup>4</sup>

## Розділ 5: Контекст об'єднаних сил: роль NGC2 в об'єднаному вседоменному командуванні та управлінні (CJADC2)

Ініціатива Армії США «Командування та управління нового покоління» не є самостійним проектом. Це критично важливий і фундаментальний компонент значно більшої трансформації в рамках усього Міністерства оборони, відомої як Об'єднане вседоменне командування та управління (CJADC2). Розуміння мети та дизайну NGC2 вимагає розгляду її в цьому ширшому стратегічному контексті. NGC2 є специфічним внеском Армії в об'єднану «мережу мереж», розроблену з нуля для забезпечення безшовної інтеграції сухопутних сил у багатодоменні операції.

## 5.1 Розуміння бачення Міністерства оборони щодо «мережі мереж»

CJADC2 (яка еволюціонувала з початкової концепції JADC2, щоб явно включити союзних партнерів) є всеосяжним стратегічним баченням Міністерства оборони для війни XXI століття. Вона має на меті з'єднати сенсори, засоби ураження та вузли командування й управління всіх видів збройних сил — Армії, ВМС, ПС, Корпусу морської піхоти та Космічних сил — а також ключових міжнародних союзників в єдину, злагоджену та стійку мережу.<sup>28</sup>

Кінцевою метою CJADC2 є досягнення інформаційної переваги та переваги у прийнятті рішень у глобальному масштабі. Вона призначена для створення бойової спроможності «виявляти, осмислювати та діяти» в усіх п'яти бойових доменах (суша, море, повітря, космос та кіберпростір) у темпі, який супротивники не зможуть витримати.<sup>8</sup> Як і NGC2, CJADC2 не є єдиною програмою закупівель чи системою. Це підхід і керівна філософія, яка надає пріоритет орієнтації на дані, штучному інтелекту, відкритим архітектурам та фундаментальним змінам у доктрині, політиці та організаційних структурах.<sup>8</sup>

## 5.2 Внесок Армії: як NGC2 уможливорює багатодоменні операції

NGC2 є основним матеріальним і технічним внеском Армії США в ініціативу CJADC2.<sup>13</sup> Її архітектура та основні принципи явно розроблені для узгодження та підтримки ширшого об'єднаного бачення. Створюючи єдину тканину даних та використовуючи модульну відкриту системну архітектуру, NGC2 безпосередньо реалізує фундаментальні принципи CJADC2, забезпечуючи, що дані Армії є доступними, зрозумілими та придатними для використання об'єднаними силами, і навпаки.<sup>13</sup>

Ця інтеграція є ключем до уможливлення багатодоменних операцій (MDO). У контексті MDO сенсор з одного домену (наприклад, F-35 Повітряних сил) може виявити ціль, яку найкраще уразити ефектором з іншого домену (наприклад, ракетою дальнього радіуса дії Армії). NGC2 забезпечує мережу, інфраструктуру даних та застосунки, необхідні для безшовної участі Армії в цих складних, міждоменних «ланцюгах ураження». Руйнуючи традиційні, специфічні для видів збройних сил силоси даних, NGC2 є критично важливою для досягнення мети CJADC2 щодо скорочення часу від виявлення до ураження з годин або хвилин до лічених секунд.<sup>13</sup>

## 5.3 Об'єднана екосистема: взаємодія з ABMS, проектом Overmatch

## та Національною оборонною космічною архітектурою

Кожен вид збройних сил розробляє власний набір можливостей, які стануть частиною більшої головоломки CJADC2. Хоча ці програми розробляються видами збройних сил для задоволення їхніх специфічних операційних потреб, вони керуються Об'єднаним штабом та Головним управлінням цифрових технологій та ШІ (CDAO) Міністерства оборони для забезпечення кінцевої конвергенції. Успіх CJADC2 залежить від безшовної взаємосумісності цих окремих, але пов'язаних зусиль.<sup>28</sup>

Хоча CJADC2 представлена як єдине бачення, підхід до розробки, специфічний для кожного виду збройних сил, ризикує відтворити ту саму проблему, яку він мав вирішити. Якщо справжня інтеграція на рівні даних та дотримання спільних стандартів не будуть суворо забезпечуватися центральним керівним органом, види збройних сил можуть просто створити більші, дорожчі «ізольовані системи», замінивши внутрішньовидові сили міжвидовими. Історія спільних програм свідчить, що це значний ризик, оскільки фрактальна природа викликів C2 означає, що проблеми взаємосумісності мають тенденцію відтворюватися на кожному рівні організації, від тактичного до стратегічного.<sup>33</sup>

Основні компоненти цієї об'єднаної екосистеми включають:

- **Повітряні сили США: Передова система бойового управління (ABMS):** Як внесок Повітряних сил, ABMS зосереджена на з'єднанні повітряних та космічних активів у єдину мережу. Ключовим елементом її нещодавнього розвитку є «Трансформаційна модель для переваги у прийнятті рішень», методологія, яка деконструє C2 на 52 окремі підфункції, кожна з яких може бути доповнена або автоматизована спеціалізованими мікросервісами ШІ. Ця модель забезпечує структурований спосіб інтеграції взаємодії людини та машини в бойове управління.<sup>28</sup>
- **Військово-морські сили США: Проєкт Overmatch:** Це високосекретна ініціатива ВМС з розробки військово-морської бойової мережі нового покоління. Її мета — з'єднати кораблі, підводні човни, літаки та безпілотні системи для реалізації основної військово-морської концепції розподілених морських операцій (DMO). Проєкт Overmatch робить значний акцент на ШІ, машинному навчанні та взаємодії пілотованих і безпілотних систем, а також на заміні пропрієтарних мережевих стандартів на відкриті для полегшення об'єднаної взаємосумісності.<sup>28</sup>
- **Космічні сили США: Національна оборонна космічна архітектура (NDSA):** Розроблена Агентством космічного розвитку (SDA), NDSA є, мабуть, найважливішим окремим компонентом для забезпечення CJADC2. Вона складається з багатошарового, розгорнутого угруповання супутників на низькій навіколоземній орбіті. Транспортний рівень забезпечує глобальну, стійку mesh-мережу з низькою затримкою для передачі даних між усіма іншими вузлами в екосистемі CJADC2, тоді як рівень відстеження забезпечує передове попередження про ракетний напад та відстеження гіперзвукових загроз. NDSA є фізичною та цифровою основою, яка



з'єднає розрізнені мережі видів збройних сил, роблячи її важливою сполучною тканиною для всіх об'єднаних сил.<sup>28</sup> Її успішне та своєчасне розгортання є критичним шляхом для всієї ініціативи CJADC2.

**Таблиця 3: Огляд внесків окремих видів збройних сил в ініціативу CJADC2**

Вид збройних сил	Назва програми	Основний фокус	Ключові технології/концепції
<b>Армія США</b>	Next Generation C2 (NGC2)	C2 сухопутного домену від корпусу до відділення; уможливлення багатодомених операцій.	Чотирирівневий технологічний стек, тканина даних, периферійні обчислення, Project Convergence.
<b>Повітряні сили США</b>	Advanced Battle Management System (ABMS)	C2 повітряного та космічного доменів; з'єднання літаків, космічних активів та об'єднаних партнерів.	Бойова мережа DAF, хмарне C2, «Трансформаційна модель» на основі ШІ.
<b>ВМС США</b>	Project Overmatch	C2 морського домену; уможливлення розподілених морських операцій (DMO).	ШІ/МН, взаємодія пілотованих і безпілотних систем, нова мережева архітектура, усунення пропрієтарних стандартів.
<b>Космічні сили США</b>	National Defense Space Architecture (NDSA)	Глобальний транспорт даних та відстеження ракет; сполучна	Розгорнуте угруповання супутників на низькій

		тканина для об'єднаних сил.	навколоземній орбіті (транспортний та відстежувальний рівні), mesh-мережі.
--	--	-----------------------------	--

## Розділ 6: Від концепції до спроможності: шлях реалізації

Підхід Армії до розробки та впровадження NGC2 є таким же революційним, як і сама технологія. Відмовляючись від повільних, лінійних та ризикованих процесів традиційних оборонних закупівель, стратегія реалізації NGC2 ґрунтується на динамічній, ітеративній моделі безперервних експериментів, швидкого прототипування та гнучких партнерств з промисловістю. Цей шлях розроблений для надання актуальних можливостей зі швидкістю технологічних змін, забезпечуючи еволюцію системи в постійному діалозі з потребами бійців.

### 6.1 Постійні експерименти: роль проєкту Convergence

Проєкт Convergence є провідним експериментальним майданчиком Армії та основним двигуном для тестування, вдосконалення та просування можливостей NGC2 у реалістичному операційному контексті.<sup>13</sup> Це не прості демонстрації технологій, а масштабні, об'єднані та багатонаціональні польові навчання, які перевіряють нові концепції та можливості в суворих умовах імітації бою.

Цей процес постійних експериментів дозволяє Армії методично переходити від базового доказу концепції до надійного доказу принципу. Наприклад, Project Convergence Capstone 4 (PC-C4) у 2024 році слугував початковою демонстрацією передачі даних через нову архітектуру. Спираючись на цей успіх, PC-C5 у 2025 році підтвердив весь підхід NGC2, впровадивши експериментальні можливості в оперативний бронетанковий батальйон та вищі штаби, що дозволило солдатам використовувати систему для виконання наступальних та оборонних операцій на швидкості та в масштабі.<sup>2</sup> Уроки та дані, отримані під час цих заходів, безпосередньо впливають на наступний цикл

розробки та вдосконалення.

## **6.2 «Трансформація в контакті»: швидке прототипування та ітерація за участю солдатів**

Наріжним каменем стратегії реалізації NGC2 є концепція «Трансформація в контакті». Вона передбачає впровадження прототипів можливостей безпосередньо в оперативні підрозділи, фактично перетворюючи окремі дивізії Армії на живі лабораторії для модернізації C2.<sup>11</sup> Підрозділи, такі як 4-та піхотна дивізія та елементи 25-ї піхотної дивізії, були визначені для отримання та використання ранніх версій апаратного та програмного забезпечення NGC2 під час своїх регулярних тренувальних циклів.<sup>3</sup>

Цей підхід розмиває традиційні межі між дослідженнями та розробкою, тестуванням та операціями. Він створює безперервний, високоточний цикл зворотного зв'язку. Так звані «солдатські точки дотику» дозволяють кінцевим користувачам перевіряти систему під час власних тренувальних навчань та надавати прямий внесок розробникам.<sup>3</sup> Ця ітерація за участю солдатів є критично важливою; зворотний зв'язок з поля бою безпосередньо впливає на швидкі оновлення програмного забезпечення, інформує про вибір дизайну апаратного забезпечення та вдосконалює офіційні документи з вимогами. Це гарантує, що створювана спроможність є не просто тим, що Армія

*думає, що їй потрібно, а тим, що солдатам насправді потрібно для перемоги на полі бою.*<sup>16</sup> Хоча ця модель прискорює розробку та гарантує актуальність, вона також вносить складність, вимагаючи від оперативних підрозділів вивчати систему, що постійно розвивається, одночасно підтримуючи свою основну бойову готовність.

## **6.3 Нова бізнес-модель: інноваційні контракти та партнерства з промисловістю**

Стратегія закупівель для NGC2 є свідомим відходом від стандартної моделі системного інтегратора з одним головним підрядником.<sup>5</sup> Мета полягає у створенні жвавої, конкурентної екосистеми промислових партнерів та використанні швидкості комерційного технологічного сектору. Для досягнення цього Армія використовує кілька інноваційних бізнес- та контрактних практик.

Гнучкі контрактні механізми, такі як угоди Other Transaction Authority (OTA) та постійно

відкритий Commercial Solutions Opening (CSO), використовуються для прискорення прототипування та розширення кола потенційних постачальників.<sup>3</sup> Майже 100-мільйонний контракт ОТА, укладений з командою на чолі з Anduril, є яскравим прикладом цього швидкого, орієнтованого на прототипи підходу.<sup>3</sup>

Ця модель заохочує формування неексклюзивних промислових команд, дозволяючи найкращим у своєму класі постачальникам компонентів співпрацювати з різними лідерами. Вона також надає програмному офісу Армії можливість взаємодіяти безпосередньо з субпідрядниками, а не лише через головного підрядника. Контракти переходять до орієнтованих на результат, з фіксованою ціною та моделей споживання «як послуга» як для апаратного, так і для програмного забезпечення.<sup>5</sup> Це створює динамічне середовище, де постачальники можуть створювати продукти для відкритих інтерфейсів системи та конкурувати за ролі в міру дозрівання архітектури.<sup>6</sup> Цей новий підхід, однак, вимагає більш технічно підкованого та практичного урядового програмного офісу, який тепер повинен діяти як фактичний головний архітектор та системний інтегратор — роль, яка раніше передавалася на аутсорсинг.

## Розділ 7: Критичний аналіз: виклики, ризики та стратегії пом'якшення

Хоча бачення NGC2 є переконливим, а її технологічні основи — революційними, шлях від концепції до повноцінної, загальноармійської спроможності сповнений серйозних викликів. Ці перешкоди є не лише технічними, але й організаційними, культурними та стратегічними. Комплексна оцінка NGC2 повинна включати критичний аналіз цих ризиків та стратегій, що розробляються для їх пом'якшення.

### 7.1 Технічні перешкоди: масштабованість, інтеграція даних та справжня взаємосумісність

Технічна складність NGC2 не може бути переоцінена. Програма стикається з трьома основними технічними викликами:

- **Масштабованість:** Успішна демонстрація прототипу на рівні батальйону є значним досягненням, але масштабування цієї спроможності до цілої дивізії — з її численними бригадами, штабами та допоміжними підрозділами — і, зрештою, до всієї Армії, є викликом зовсім іншого порядку. Складність управління мережею, оркестрації даних

та розподілу обчислювальних ресурсів зростає експоненційно з кількістю вузлів у мережі.<sup>12</sup>

- **Інтеграція даних:** Інтегрований рівень даних є ядром NGC2, але його функція є надзвичайно складною. Завдання збору незліченних розрізнених потоків даних з величезної кількості застарілих та нових сенсорів, їх стандартизації в єдиний формат та забезпечення їх якості та цілісності є величезною проблемою інженерії даних, яка вимагатиме постійних інвестицій та інновацій.<sup>19</sup>
- **Взаємосумісність:** Хоча MOSA забезпечує необхідну основу для взаємосумісності, сама по собі ця основа її не гарантує. Досягнення справжньої, безшовної та стійкої взаємосумісності між сотнями систем від десятків різних постачальників, у всіх об'єднаних видах збройних сил та з безліччю союзних партнерів залишається одним з найстійкіших і найскладніших викликів в оборонних закупівлях.<sup>33</sup>

## 7.2 Всепроникна загроза: кібербезпека в гіперзв'язаному бойовому просторі

За задумом, NGC2 створює гіперзв'язане поле бою, об'єднуючи кожен сенсор і засіб ураження в єдину мережу. Хоча ця зв'язність є джерелом її потужності, вона також створює величезну та привабливу поверхню для атак для складних кіберсупротивників.<sup>41</sup> Одне успішне вторгнення може мати катастрофічні наслідки, дозволяючи ворогу пошкодити дані, видати фальшиві команди або повністю вивести мережу з ладу.

Спектр кіберризиків є широким і охоплює традиційні атаки на командування та управління (C2), коли супротивник захоплює мережу<sup>43</sup>, атаки типу «відмова в обслуговуванні», які перевантажують мережу трафіком<sup>43</sup>, та підступні вразливості в ланцюгу постачання, коли шкідливий код впроваджується в комерційне апаратне або програмне забезпечення.<sup>42</sup>

Крім того, існує фундаментальна стратегічна напруженість між операційною необхідністю постійного обміну даними для NGC2 та тактичною необхідністю контролю за випромінюванням (EMCON) для живучості. Безперервні радіочастотні (РЧ) випромінювання, необхідні для підтримки загальної оперативної картини в реальному часі, можуть слугувати маяком для радіоелектронної розвідки (SIGINT) противника, дозволяючи йому виявляти, визначати місцезнаходження та націлюватися на сили США.<sup>44</sup> Це створює дилему для командира: щоб забезпечити домінування у прийнятті рішень через зв'язність, потрібно ризикувати фізичним знищенням через виявлення. Пом'якшення цього ризику вимагатиме розробки нової доктрини та тактики для «імпульсного» або епізодичного використання мережі, балансуючи між потребою в

інформації та імперативом скритності.

### 7.3 Дилема альянсу: інтеграція партнерів по коаліції

Сучасні військові операції за своєю суттю є коаліційними. Тому NGC2 та ширша ініціатива CJADC2 повинні бути розроблені з самого початку для безшовної інтеграції союзників та партнерів.<sup>8</sup> Це створює величезні технічні та політичні виклики. Союзні держави використовують широкий спектр військової техніки з різними технологічними стандартами, і вони обмежені різними національними політиками щодо класифікації даних та обміну інформацією.<sup>33</sup>

Відсутність узгоджених форматів даних та стандартів зв'язку є постійною проблемою в НАТО та інших альянсах протягом десятиліть.<sup>46</sup> Хоча використання NGC2 відкритих API та модульної архітектури є вирішальним кроком до технічного вирішення, сама по собі технологія не може вирішити глибоко вкорінені політичні та політичні бар'єри для справжнього обміну даними в коаліції.<sup>13</sup> Досягнення цього рівня інтеграції вимагатиме постійних дипломатичних та політичних зусиль, що йдуть паралельно з технологічним розвитком.

### 7.4 Програмні та культурні бар'єри на шляху до успіху

Мабуть, найзначнішими бар'єрами на шляху до успіху NGC2 є не технічні, а програмні та культурні.

- **Вартість та складність:** Як розгалужена, багатогранна «екосистема», а не традиційна програма, JADC2 є надзвичайно складним проектом без чіткої кінцевої оцінки вартості. Це створює значні занепокоєння серед політиків щодо доступності, довгострокової стабільності фінансування та нагляду.<sup>48</sup> Величезна кількість зацікавлених сторін — у різних видах збройних сил, урядових установах та промисловості — створює величезну організаційну складність, якою важко керувати.<sup>33</sup>
- **Культурний опір:** Бачення NGC2 вимагає глибокої культурної зміни в збройних силах. Перехід від видо-центричної, системо-орієнтованої моделі закупівель до спільного, орієнтованого на дані підходу стикається з глибоко вкоріненим бюрократичним опором. Військові види збройних сил звикли володіти та контролювати власні системи та бюджети. Концепція «управління даними» на благо спільного підприємства, а не «володіння даними» конкретним видом збройних сил

чи програмою, є складним і необхідним переходом, який вимагатиме постійної уваги керівництва для подолання.<sup>50</sup> Підхід «з чистого аркуша», хоч і необхідний, також створює перехідний ризик, коли новооснащені підрозділи NGC2 можуть мати труднощі з взаємодією з більшістю сил, які все ще покладаються на застарілі системи, створюючи небезпечні розриви на полі бою.<sup>9</sup>

## **Розділ 8: Людський та етичний вимір командування та управління нового покоління**

Трансформація, яку обіцяє NGC2, виходить за межі технологій та доктрини; вона фундаментально змінює роль людини в циклі командування та управління. Глибока інтеграція штучного інтелекту та прискорення прийняття рішень до швидкості машин порушують глибокі етичні питання та вимагають переоцінки лідерства, підзвітності та самої природи військового судження. Хоча NGC2 пропонує потенціал для безпрецедентної операційної ефективності, вона також створює виклики, що зачіпають саму суть військової професії.

### **8.1 Переосмислення ролей: майбутнє командира та штабу**

Поява екосистеми C2 на основі ШІ вимагає фундаментальної зміни мислення та культури командування, зміщуючи акцент з прямого «контролю» на нюансовану «оркестрацію».<sup>24</sup> В середовищі NGC2 роль командного штабу кардинально зміниться. Трудомісткі, ручні завдання зі збору даних, створення електронних таблиць та нанесення на карту будуть значною мірою автоматизовані. Нова роль штабного офіцера полягатиме в нагляді за інструментами на основі ШІ, критичній оцінці рекомендацій, згенерованих машиною, та застосуванні унікально людського судження до висновків, наданих системою.<sup>23</sup>

Роль командира також трансформується. Звільнений від дрібниць управління даними, командир може більше зосередитися на встановленні чіткого наміру, розумінні наслідків другого та третього порядку потенційних дій та прийнятті критичних, високоризикованих рішень, які машини не можуть прийняти. Однак ця нова роль вимагає іншого типу лідера — того, хто є не лише майстром тактики та операцій, але й має глибоке розуміння можливостей, обмежень та потенційних упереджень систем ШІ, які інформують його рішення.<sup>51</sup> Це вимагає нового підходу до розвитку лідерства, який культивує культуру довіри до підлеглих та систем, а також сприяє комфорту з невизначеністю та

децентралізованим виконанням.

## **8.2 Прогалина у підзвітності ШІ: етичні міркування для війни на швидкості машин**

Інтеграція ШІ в процес C2, особливо в ланцюг ураження «сенсор-стрілець», порушує глибокі етичні та правові питання, з якими Міністерство оборони та нація лише починають розбиратися.<sup>53</sup> Коли алгоритм рекомендує ціль, а людина приймає рішення за секунди на основі цієї рекомендації, хто несе кінцеву відповідальність, якщо це рішення є помилковим? Це «прогалина у підзвітності ШІ».<sup>56</sup> Межі відповідальності розмиваються між розробником програмного забезпечення, який написав код, науковцями з даних, які тренували модель, аналітиком розвідки, який перевіряв дані, та командиром, який зрештою віддав наказ.

Існують також значні психологічні ризики. «Упередження автоматизації» описує добре задокументовану людську тенденцію надмірно довіряти результатам автоматизованої системи, навіть коли ці результати суперечать їхньому власному судженню.<sup>55</sup> І навпаки, надмірна залежність від ШІ може призвести до «декваліфікації» персоналу, який може втратити навички виконання критичних аналітичних завдань вручну, коли система недоступна або не заслуговує на довіру.<sup>52</sup> Обидва ці явища можуть послабити моральну відповідальність солдатів та командирів, підриваючи їхню здатність до незалежного етичного прийняття рішень у горнилі бою.<sup>55</sup>

## **8.3 Збереження значущого людського контролю в автоматизованій системі**

Центральним етичним викликом NGC2 та CJADC2 є імператив збереження «значущого людського контролю» в системі, розробленій для операцій на швидкості машин. Міністерство оборони офіційно прийняло принципи «Довіреного ШІ та автономії» і є підписантом міжнародних декларацій, що наголошують на необхідності відповідального людського ланцюга командування та управління.<sup>57</sup>

Однак в основі цієї концепції лежить парадокс: для досягнення домінування у прийнятті рішень система повинна працювати швидше, ніж людина може мислити традиційно, але для етичної роботи вона повинна залишатися підконтрольною людському розумінню та судженню. Сам «тиск прискорення», який NGC2 має на меті створити, може



систематично перешкоджати можливості для значущого людського контролю.<sup>52</sup> Оскільки цикли OODA стискаються з хвилин до секунд, час, доступний для людського обговорення, моральних роздумів та належної обачності, різко скорочується. Це створює реальний ризик того, що люди-оператори стануть просто «гумовими штампами» для алгоритмічних рекомендацій, не маючи змоги повністю перевірити логіку чи дані, що стоять за рішенням про життя чи смерть.<sup>59</sup> Пом'якшення цього ризику вимагає більше, ніж політичних заяв; воно вимагає розробки надійних етичних рамок, проєктування систем ШІ, які є прозорими та піддаються аудиту, а також суворого навчання, яке вчить бійців не лише як використовувати ці системи, але й коли і чому їм не довіряти.

## **Розділ 9: Майбутні перспективи та стратегічні рекомендації**

Ініціатива «Командування та управління нового покоління» є сміливою та необхідною відповіддю на виклики нової ери стратегічної конкуренції. Вона являє собою амбітну спробу Армії США перейти від індустріальної моделі ведення війни до парадигми інформаційної ери, що визначається даними, алгоритмами та швидкістю. Довгострокове бачення — це повністю інтегрована, керована ШІ бойова сила, здатна досягати домінування у прийнятті рішень у всіх доменах. Однак реалізація цього бачення вимагатиме постійної зосередженості, значних інвестицій та готовності протистояти глибоким технічним, організаційним та етичним викликам, що стоять попереду.

### **9.1 Довгострокове бачення: повністю інтегрована, керована ШІ бойова сила**

Кінцевим пунктом призначення шляху NGC2 є бойова сила, яка одночасно є високо розосередженою та повністю взаємопов'язаною. У цьому майбутньому бойовому просторі тактичні підрозділи будуть діяти з меншим фізичним та електромагнітним слідом, що зробить їх більш живучими. Вони будуть пов'язані стійкою, самовідновлюваною мережею, що забезпечує постійний потік підготовлених даних. Агенти ШІ будуть безперервно працювати у фоновому режимі, обробляючи дані сенсорів з усіх об'єднаних сил, виявляючи загрози, прогнозуючи дії противника та представляючи командирам набір оптимізованих варіантів. Ефекти — кінетичні та некінетичні — будуть оркестровані в усіх доменах за секунди, створюючи численні, одночасні дилеми для супротивника. Це не просто оновлення існуючих систем C2; це повна трансформація

того, як збройні сили США планують, виконують та адаптуються в цифрову епоху, позиціонуючи їх для стримування і, за необхідності, перемоги над будь-яким супротивником.<sup>15</sup>

## 9.2 Рекомендації для керівництва Міністерства оборони, керівників програм та зацікавлених сторін з промисловості

Для навігації складним шляхом до цього майбутнього зацікавлені сторони на всіх рівнях повинні вживати свідомих та скоординованих дій. На основі аналізу, що міститься в цьому звіті, пропонуються наступні стратегічні рекомендації:

- **Для керівництва Міністерства оборони:**
  1. **Забезпечити дотримання спільних стандартів:** Надати пріоритет, фінансувати та уповноважити надійний, незалежний орган управління на об'єднаному рівні (такий як міжфункціональна команда JADC2) з повноваженнями визначати та забезпечувати дотримання спільних стандартів даних, специфікацій інтерфейсів та протоколів API у всіх програмах CJADC2, що ведуться видами збройних сил (NGC2, ABMS, Project Overmatch). Це єдиний найважливіший крок для запобігання появі нових, вищого рівня ізольованих систем та забезпечення справжньої об'єднаної взаємосумісності.
  2. **Сприяти культурним змінам:** Активно очолювати культурний перехід від «володіння даними» до «управління даними». Використовувати політичні директиви, розподіл ресурсів та критерії просування по службі для стимулювання міжвидової співпраці та винагородження лідерів, які надають пріоритет здоров'ю спільного підприємства даних над інтересами окремих видів збройних сил.
- **Для керівників програм NGC2 та Армії США:**
  1. **Надати пріоритет операціям у середовищі з протидією:** Агресивно інвестувати в «червоне командування» та оцінку кібербезпеки всього технологічного стеку NGC2, з особливим акцентом на вразливостях, що виникають через залежність від комерційної інфраструктури (хмара, 5G, SATCOM) та потенціал для маніпуляції алгоритмами ШІ з боку супротивника.
  2. **Розробити доктрину для відключення:** Формально розробити та провести військові ігри з новою доктриною, тактикою, техніками та процедурами для дій у мережевому середовищі з протидією. Ця доктрина повинна явно враховувати напруженість між зв'язністю та контролем за випромінюванням, навчаючи командирів та підрозділи ефективно воювати, використовуючи «імпульсну» мережу, та як діяти автономно при відключенні.
  3. **Подолати розрив із застарілими системами:** Створити спеціальну та добре забезпечену ресурсами підпрограму, зосереджену виключно на забезпеченні

зворотної сумісності та взаємосумісності між підрозділами, оснащеними NGC2, та більшістю сил, які продовжуватимуть використовувати застарілі системи в найближчому майбутньому. Віртуалізація застарілих систем повинна бути головним пріоритетом для цих зусиль.

- **Для зацікавлених сторін з промисловості:**

1. **Прийняти модель екосистеми:** Змінити бізнес-моделі від спроб надання закритих, пропрієтарних, комплексних рішень. Натомість зосередитися на розробці справді відкритих, модульних та добре задокументованих компонентів, які можна легко інтегрувати в екосистему з багатьма постачальниками.
2. **Конкурувати на основі пояснюваного ШІ:** Значно інвестувати в розробку інструментів ШІ та МН, які є не лише потужними, але й прозорими, пояснюваними та надійними. Здатність надавати командирам уявлення про те, чому алгоритм робить певну рекомендацію, буде ключовою конкурентною перевагою та критичним фактором для забезпечення значущого людського контролю.

- **Для всіх зацікавлених сторін:**

1. **Створити постійну комісію з етики ШІ:** Міністерство оборони, у партнерстві з Конгресом, академічними колами та промисловістю, повинно створити постійну комісію на об'єднаному рівні з етики ШІ у військовій справі. Цей орган повинен мати завдання розробити чіткі, дієві доктринальні настанови щодо значущого людського контролю, підзвітності в автоматизованих системах та правил ведення бойових дій для війни з використанням ШІ до того, як ці системи будуть розгорнуті в масштабі. Це не та проблема, яку можна вирішити постфактум; етичні міркування повинні бути закладені в систему з самого початку.

## Джерела

1. The Army's NGC2 Is Transforming Command & Control with Advanced Data | SDW Case Study 3 - YouTube, доступ отримано серпня 19, 2025, <https://www.youtube.com/watch?v=gxl2k7VyOtI>
2. How the Army built Next-Gen Command and Control | DefenseScoop, доступ отримано серпня 19, 2025, <https://defensescoop.com/2025/03/20/how-army-built-next-gen-command-and-control-ngc2/>
3. Anduril Awarded \$99.6M for U.S. Army Next Generation Command and Control Prototype, доступ отримано серпня 19, 2025, <https://www.anduril.com/article/anduril-awarded-usd99-6m-for-u-s-army-next-generation-command-and-control-prototype/>
4. Software-defined networking provides configurable C2 for Army's next generation data needs, доступ отримано серпня 19, 2025, [https://www.army.mil/article/287353/software\\_defined\\_networking\\_provides\\_configurable\\_c2\\_for\\_armys\\_next\\_generation\\_data\\_needs](https://www.army.mil/article/287353/software_defined_networking_provides_configurable_c2_for_armys_next_generation_data_needs)
5. Understanding the US Army's C2 Modernization: Implications for Industry Stakeholders, доступ отримано серпня 19, 2025,

- <https://news.defcros.com/understanding-the-us-armys-c2/>
6. Inside the US Army's C2 upgrade – what industry can expect – Defense News, доступ отримано серпня 19, 2025,  
<https://www.defensenews.com/opinion/2025/06/03/inside-the-us-armys-c2-upgrade-what-industry-can-expect/>
  7. Program Executive Office Command, Control, Communications, and ..., доступ отримано серпня 19, 2025,  
<https://peoc3n.army.mil/Organizations/PM-Next-Generation-Command-and-Control/>
  8. Summary of the Joint All-Domain Command and Control Strategy – Department of Defense, доступ отримано серпня 19, 2025,  
<https://media.defense.gov/2022/Mar/17/2002958406/-1/-1/1/SUMMARY-OF-THE-JOINT-ALL-DOMAIN-COMMAND-AND-CONTROL-STRATEGY.pdf>
  9. Adaptive C2: Modernizing Army Command and Control | Article | The United States Army, доступ отримано серпня 19, 2025,  
[https://www.army.mil/article/286205/adaptive\\_c2\\_modernizing\\_army\\_command\\_and\\_control](https://www.army.mil/article/286205/adaptive_c2_modernizing_army_command_and_control)
  10. Army announces Next Generation Command and Control (NGC2 ..., доступ отримано серпня 19, 2025,  
[https://www.army.mil/article/287180/army\\_announces\\_next\\_generation\\_command\\_and\\_control\\_ngc2\\_prototype\\_award](https://www.army.mil/article/287180/army_announces_next_generation_command_and_control_ngc2_prototype_award)
  11. JUST IN: Army Combining Next-Gen Command and Control, Transforming in Contact Efforts, доступ отримано серпня 19, 2025,  
<https://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2025/4/22/army-combining-next-gen-command-and-control-transforming-in-contact-efforts>
  12. Next summer could be culmination of bridge network and next-gen C2 for the Army, доступ отримано серпня 19, 2025,  
<https://defensescoop.com/2025/06/04/army-next-gen-c2-bridge-network-culmination-next-summer/>
  13. From Tactical Edge to Global Reach: The Army's Next Generation Command and Control and Its Role in CJADC2 | AFCEA International, доступ отримано серпня 19, 2025,  
<https://www.afcea.org/signal-media/tactical-edge-global-reach-armys-next-generation-command-and-control-and-its-role>
  14. peoc3n.army.mil, доступ отримано серпня 19, 2025,  
<https://peoc3n.army.mil/Organizations/PM-Next-Generation-Command-and-Control/#:~:text=NGC2%20is%20a%20vision%20for.enable%20integration%20of%20dual%20use>
  15. Next Generation Command and Control (NGC2): Transforming the Future of U.S. Army Operations – International Defense Security & Technology, доступ отримано серпня 19, 2025,  
<https://idstch.com/military/army/next-generation-command-and-control-ngc2-transforming-the-future-of-u-s-army-operations/>
  16. Soldiers experiment with Next-Generation C2 at Project Convergence | Article – Army.mil, доступ отримано серпня 19, 2025,

- [https://www.army.mil/article/283805/soldiers\\_experiment\\_with\\_next\\_generation\\_c2\\_at\\_project\\_convergence](https://www.army.mil/article/283805/soldiers_experiment_with_next_generation_c2_at_project_convergence)
17. Enabling NGC2 Concepts With TACPs - REDCOM Laboratories, доступ отримано серпня 19, 2025,  
[https://www.redcom.com/use\\_cases/enabling-next-gen-c2-tacp/](https://www.redcom.com/use_cases/enabling-next-gen-c2-tacp/)
  18. Army RFI: Next Generation Command and Control (NGC2) - OrangeSlices AI, доступ отримано серпня 19, 2025,  
<https://orangeslices.ai/army-rfi-next-generation-command-and-control-ngc2/>
  19. Data and integration will be 'core' of Army's Next-Gen C2 | DefenseScoop, доступ отримано серпня 19, 2025,  
<https://defensescoop.com/2025/06/06/data-and-integration-will-be-core-of-armys-next-gen-c2/>
  20. Joe Welch on Technology Stack for Army's Next-Gen C2 Capability - ExecutiveGov, доступ отримано серпня 19, 2025,  
<https://www.executivegov.com/articles/joe-welch-technology-stack-army-next-gen-c2>
  21. The 'technology stack' driving the Army's next-gen C2 plans - Breaking Defense, доступ отримано серпня 19, 2025,  
<https://breakingdefense.com/2024/12/the-technology-stack-driving-the-armys-next-gen-c2-plans/>
  22. Fusing Intel and EW Data into the Army's Data Centric NGC2 Architecture - PEO IEW&S, доступ отримано серпня 19, 2025,  
<https://peoiews.army.mil/2024/12/23/278296/>
  23. Army researchers turn battlefield data into decision dominance tool for NGC2 | Article, доступ отримано серпня 19, 2025,  
[https://www.army.mil/article/286904/army\\_researchers\\_turn\\_battlefield\\_data\\_into\\_decision\\_dominance\\_tool\\_for\\_ngc2](https://www.army.mil/article/286904/army_researchers_turn_battlefield_data_into_decision_dominance_tool_for_ngc2)
  24. Next Generation Command and Control - NATO's ACT, доступ отримано серпня 19, 2025, <https://www.act.nato.int/article/next-generation-c2/>
  25. 5G & Edge Computing: The Future of the DoD and JADC2 - ALSSA, доступ отримано серпня 19, 2025,  
<https://www.alssa.mil/News/Article/3433831/5g-edge-computing-the-future-of-the-dod-and-jadc2/>
  26. The winds of change – evolution of 5G for military forces - Blu Wireless Technology, доступ отримано серпня 19, 2025,  
<https://www.bluwireless.com/insight/the-winds-of-change-evolution-of-5g-for-military-forces/>
  27. 5G will revolutionize tactical communications - Viasat, доступ отримано серпня 19, 2025,  
<https://www.viasat.com/perspectives/government/2022/5g-will-revolutionize-tactical-communications/>
  28. Joint All-Domain Command and Control - Wikipedia, доступ отримано серпня 19, 2025, [https://en.wikipedia.org/wiki/Joint\\_All-Domain\\_Command\\_and\\_Control](https://en.wikipedia.org/wiki/Joint_All-Domain_Command_and_Control)
  29. Persistent Systems: Advancing Joint All-Domain Command and Control (JADC2), доступ отримано серпня 19, 2025,

- <https://persistentsystems.com/insights/persistent-systems-advancing-joint-all-domain-command-and-control-jadc2/>
30. What does JADC2 stand for? - BAE Systems, доступ отримано серпня 19, 2025, <https://www.baesystems.com/en-us/definition/what-does-jadc2-stand-for>
  31. Chief Digital and Artificial Intelligence Office > Initiatives > CJADC2, доступ отримано серпня 19, 2025, <https://www.ai.mil/Initiatives/CJADC2/>
  32. Combined Joint All-Domain Command & Control | Lockheed Martin, доступ отримано серпня 19, 2025, <https://www.lockheedmartin.com/en-us/capabilities/multi-domain-operations.html>
  33. Pathways to Implementing Comprehensive and Collaborative JADC2, доступ отримано серпня 19, 2025, <https://www.csis.org/analysis/pathways-implementing-comprehensive-and-collaborative-jadc2>
  34. Advanced Battle Management System Consensus Study | National Academies, доступ отримано серпня 19, 2025, <https://www.nationalacademies.org/our-work/advanced-battle-management-system-consensus-study>
  35. Air Force putting AI-based model for battle management decisions ..., доступ отримано серпня 19, 2025, <https://defensescoop.com/2025/08/14/air-force-ai-based-model-battle-management-decisions-abms-cjadc2/>
  36. To Deter China, the U.S. Navy Must Build a Connected Fleet at a Faster Pace - The Heritage Foundation, доступ отримано серпня 19, 2025, <https://www.heritage.org/sites/default/files/2022-07/BG3714.pdf>
  37. Naval Intelligence Must Keep Pace with Software Innovation | Proceedings, доступ отримано серпня 19, 2025, <https://www.usni.org/magazines/proceedings/2023/april/naval-intelligence-must-keep-pace-software-innovation>
  38. To Deter China, the U.S. Navy Must Build a Connected Fleet at a Faster Pace, доступ отримано серпня 19, 2025, <https://www.heritage.org/defense/report/deter-china-the-us-navy-must-build-connected-fleet-faster-pace>
  39. Space Force Sets Sights on Putting JADC2 in Orbit - National Defense Magazine, доступ отримано серпня 19, 2025, <https://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2023/7/12/space-force-sets-sights-on-putting-jadc2-in-orbit>
  40. COMPARING JADC2 INTEROPERABILITY AND ORGNIZATIONAL PROCESSES BETWEEN U.S. AND RUSSIAN MILITARY FORCES BY CAPTAIN JOSIAH CLINE, U - Air University, доступ отримано серпня 19, 2025, [https://www.airuniversity.af.edu/Portals/10/ISR/student-papers/AY21-22/AUAR\\_JADC2%20Interoperability\\_Cline.pdf?ver=NhCW5awPPgnVqSzVAQx3rA%3D%3D&xtamp=1618501001535](https://www.airuniversity.af.edu/Portals/10/ISR/student-papers/AY21-22/AUAR_JADC2%20Interoperability_Cline.pdf?ver=NhCW5awPPgnVqSzVAQx3rA%3D%3D&xtamp=1618501001535)
  41. Interoperability | Viasat, доступ отримано серпня 19, 2025, <https://www.viasat.com/government/connectivity/interoperability/>



42. CYBERSPACE OPERATIONS - Air Force Doctrine - AF.mil, доступ отримано серпня 19, 2025,  
[https://www.doctrine.af.mil/Portals/61/documents/AFDP\\_3-12/3-12-AFDP-CYBERSPACE-OPS.pdf](https://www.doctrine.af.mil/Portals/61/documents/AFDP_3-12/3-12-AFDP-CYBERSPACE-OPS.pdf)
43. Command and Control (C&C) Attacks Explained - CrowdStrike, доступ отримано серпня 19, 2025,  
<https://www.crowdstrike.com/en-us/cybersecurity-101/cyberattacks/command-and-control-cac-attack/>
44. Be Mindful of JADC2's Emission Risks | Center for International ..., доступ отримано серпня 19, 2025,  
<https://cimsec.org/be-mindful-of-jadc2s-emission-risks/>
45. Big Centralization, Small Bets, and the Warfighting Implications of Middling Progress - CSBA, доступ отримано серпня 19, 2025,  
[https://csbaonline.org/uploads/documents/CSBA8349\\_\(JADC2\\_Policy\\_Brief\)\\_final.pdf](https://csbaonline.org/uploads/documents/CSBA8349_(JADC2_Policy_Brief)_final.pdf)
46. Measuring Interoperability Within NATO: Adapted Off-the-Shelf Tool or Bespoke Solution?, доступ отримано серпня 19, 2025,  
<https://publications.armywarcollege.edu/News/Display/Article/4129346/measuring-interoperability-within-nato-adapted-off-the-shelf-tool-or-bespoke-so/>
47. Army looks to industry for rapid continuous C2 transformation | Article, доступ отримано серпня 19, 2025,  
[https://www.army.mil/article/286247/army\\_looks\\_to\\_industry\\_for\\_rapid\\_continuous\\_c2\\_transformation](https://www.army.mil/article/286247/army_looks_to_industry_for_rapid_continuous_c2_transformation)
48. Lawmakers want Austin to report on progress, cost of JADC2 - Defense News, доступ отримано серпня 19, 2025,  
<https://www.defensenews.com/battlefield-tech/it-networks/2022/06/08/lawmakers-want-austin-to-report-on-progress-cost-of-jadc2/>
49. Joint All-Domain Command and Control (JADC2) - Congress.gov, доступ отримано серпня 19, 2025,  
[https://www.congress.gov/crs\\_external\\_products/IF/PDF/IF11493/IF11493.10.pdf](https://www.congress.gov/crs_external_products/IF/PDF/IF11493/IF11493.10.pdf)
50. Solving the Hidden Challenges of JADC2 - Booz Allen, доступ отримано серпня 19, 2025,  
<https://www.boozallen.com/insights/jadc2/solving-the-hidden-challenges-of-jadc2.html>
51. Mission (Command) Complete: Implications of JADC2 - National Defense University Press, доступ отримано серпня 19, 2025,  
<https://ndupress.ndu.edu/Media/News/News-Article-View/Article/3841502/mission-command-complete-implications-of-jadc2/>
52. Transcending weapon systems: the ethical challenges of AI in ..., доступ отримано серпня 19, 2025,  
<https://blogs.icrc.org/law-and-policy/2024/09/24/transcending-weapon-systems-the-ethical-challenges-of-ai-in-military-decision-support-systems/>
53. It's both AI technology and ethics that will enable JADC2 - Breaking Defense, доступ отримано серпня 19, 2025,  
<https://breakingdefense.com/2021/12/its-both-ai-technology-and-ethics-that-will>

[-enable-jadc2/](#)

54. Navigating the AI battlefield: Opportunities and ethical frontiers - NRDC Italy, доступ отримано серпня 19, 2025, <https://nrdc-ita.nato.int/newsroom/insights/navigating-the-ai-battlefield-opportunities--challenges--and-ethical-frontiers-in-modern-warfare>
55. The ethical implications of AI in warfare - Queen Mary University of London, доступ отримано серпня 19, 2025, <https://www.qmul.ac.uk/research/featured-research/the-ethical-implications-of-ai-in-warfare/>
56. The Ethics of Automated Warfare and Artificial Intelligence, доступ отримано серпня 19, 2025, <https://www.cigionline.org/the-ethics-of-automated-warfare-and-artificial-intelligence/>
57. OSC Critical Technology Areas – DoD Research & Engineering, OUSD(R&E), доступ отримано серпня 19, 2025, <https://www.cto.mil/osc/critical-technologies/>
58. Political Declaration on Responsible Military Use of Artificial Intelligence and Autonomy, доступ отримано серпня 19, 2025, <https://www.state.gov/political-declaration-on-responsible-military-use-of-artificial-intelligence-and-autonomy-2>
59. Space Force sees AI as 'absolutely essential' for JADC2 - Breaking ..., доступ отримано серпня 19, 2025, <https://breakingdefense.com/2021/11/space-force-sees-ai-as-absolutely-essential-for-jadc2/>
60. Central to meeting the complexities of JADC2? Artificial intelligence - C4ISRNet, доступ отримано серпня 19, 2025, <https://www.c4isrnet.com/2020/05/13/central-to-meeting-the-complexities-of-jadc2-artificial-intelligence/>