

УДК 621.3

ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ І АНАЛІЗУ КОСМІЧНОЇ ОБСТАНОВКИ

С.В. Рагулін¹, О.М. Шарабайко²¹Department of Hydraulic Engineering, Water and Electrical Engineering, Kherson State Agrarian and Economic University, Kropyvnytskyi, Ukraine²Department of Military Training, Ukrainian State Aviation Academy, Kropyvnytskyi, UkraineORCID <https://orcid.org/0000-0001-8955-0380>ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7261-4656>E-mail: ragulin_s@ukr.net

АНОТАЦІЯ

У представленій статті проведено поглиблений системний аналіз архітектури та функціональних можливостей вітчизняної системи контролю і аналізу космічної обстановки (СКАКО) у межах реалізації завдань Національної космічної програми України. Актуальність дослідження обумовлена стрімкою мілітаризацією та комерціалізацією навколосемного простору, що вимагає від держави наявності незалежних та високоточних засобів моніторингу космічної обстановки для гарантування національної безпеки та захисту державних інтересів.

Об'єктом дослідження виступає процес балістико-навігаційного забезпечення управління космічними апаратами (КА) та ведення каталогів космічних об'єктів (КО). У роботі деталізовано роль СКАКО як багатокомпонентної інформаційної системи, що виконує завдання ідентифікації, супроводження та прогнозування руху об'єктів у режимі реального часу. Особливу увагу приділено ієрархічній структурі системи, де виділено підсистему централізованого управління всіма вимірювальними комплексами, що входять до її складу.

Наукова новизна дослідження полягає у формалізації критеріїв оцінки якості функціонування СКАКО через тривимірний вектор показників: функціональний результат (P), ресурсні витрати (V) та часовий фактор (T). Автором обґрунтовано специфічний підхід до визначення пріоритетності цих показників у контексті національної безпеки. Доведено, що при виконанні стратегічних завдань цінова складова (V) є другорядною порівняно з оперативністю (T) та точністю ідентифікації об'єктів (P), оскільки ціна помилки в балістичних розрахунках може призвести до втрати коштовних космічних активів або загрози національній безпеці.

У статті детально проаналізовано групу чинників, що безпосередньо корелюють з якістю функціонування системи: від геопросторової конфігурації (територіальне розташування пунктів спостереження) до технічних характеристик каналів зв'язку. Окремим пунктом виділено складність взаємозв'язків системи із зовнішнім середовищем, включаючи вплив іоносферних завад та техногенного засмічення орбіт на точність радіотехнічних вимірювань.

За результатами аналізу визначено критичну необхідність встановлення жорстких вимог до СКАКО при її інтеграції з радіотехнічними системами управління КА. Встановлено, що подальша модернізація системи повинна спрямовуватися на підвищення автоматизації процесів ідентифікації та зменшення часового лагу між виявленням об'єкта та видачею цілевказівки споживачу інформації. Висновки статті можуть бути використані при розробці перспективних планів розвитку наземної космічної інфраструктури та вдосконаленні алгоритмів управління складними технічними системами.

Ключові слова: СКАКО, національна космічна програма, контроль космічного простору, балістико-навігаційне забезпечення, космічний об'єкт, функціональна ефективність, радіотехнічні системи управління, національна безпека.

Вступ

Забезпечення національної безпеки є одним із пріоритетних завдань Національної космічної програми України, що реалізується шляхом створення та розвитку відповідної інфраструктури [1-2]. В умовах глобальної інтенсифікації освоєння навколосемного простору критичної ваги набуває питання балістико-навігаційного забезпечення (БНЗ) управління космічними апаратами (КА) [1-2].

У межах Програми особлива увага приділяється підвищенню ефективності експлуатації існуючих наземних засобів. Ключовим елементом цієї архітектури є Система контролю і аналізу космічної обстановки (СКАКО), функціонування якої визначено як стратегічний напрям розвитку вітчизняної космічної галузі [3].

Роль СКАКО у системі управління

Функціональне призначення СКАКО полягає у вирішенні комплексних завдань БНЗ, що включають:

- безперервну ідентифікацію та супроводження пріоритетних КА;
- формування та актуалізацію каталогів космічних об'єктів (КО) [4].

Якість роботи системи визначається її спроможністю виконувати цільові завдання із заданою точністю на визначених часових інтервалах [5].

Чинники впливу на якість функціонування

Проведений аналіз дозволяє виділити групу визначальних чинників, що безпосередньо корелюють із якісними показниками системи:

1. Конфігурація засобів: Кількісний склад та розгалуженість наземних пунктів контролю космічного простору (ККП).
2. Геометрія огляду: Розміри та межі зон контролю.
3. Інформаційна здатність: Повнота даних та дискретність спостережень.
4. Часовий регламент: Оперативність виявлення та ідентифікації об'єктів, що є критичним для запобігання конфліктним ситуаціям в орбітальній площині [5].

Функціонування Системи контролю і аналізу космічної обстановки (СКАКО) є стратегічним активом України, що забезпечує повноту інформації про стан навколосемного простору. Це виступає фундаментальним чинником дотримання норм міжнародного космічного права та зміцнення національної безпеки держави.

Аналіз факторів впливу та системних особливостей

Порівняльний аналіз фахової літератури [4] свідчить, що підвищення якості моніторингу космічного простору потребує глибокого дослідження специфіки функціонування системи. На ефективність виконання завдань СКАКО критично впливають такі фактори [5]:

- Геопросторова конфігурація: територіальне розташування наземних вимірювальних засобів;
- Інфраструктурна цілісність: якість та пропускна здатність каналів обміну даними;
- Динамічні показники: оперативність визначення навігаційних параметрів космічних об'єктів (КО).

Як інформаційна система, СКАКО забезпечує повний цикл супроводження, розпізнавання та каталогізації КО. Її функціонування характеризується низкою специфічних ознак:

1. Масштабність: велика кількість функціональних елементів у складі системи.
2. Висока зв'язність: складність внутрішніх та зовнішніх інтерфейсів взаємодії.
3. Цільова єдність: підпорядкованість усіх процесів єдиній меті – комплексному аналізу космічної обстановки.
4. Ієрархічність управління: наявність виділеної підсистеми координації всіх складових комплексів [6].

Критерії оцінки якості функціонування

Якість системи вважається достатньою за умови отримання достовірної інформації про КО із заданою точністю у визначеному часовому діапазоні. Для комплексної оцінки доцільно використовувати векторний показник, що враховує:

- P_f (Функціональний результат): ступінь досягнення цілей моніторингу.
- V_r (Ресурсні витрати): обсяг матеріально-технічних та інтелектуальних ресурсів, залучених для вирішення задачі.
- T (Часовий чинник): тривалість циклу обробки даних.

Оскільки СКАКО переважно функціонує у стаціонарному (моніторинговому) режимі, фактор часу T зазвичай інтегрується у показник функціонального результату P_f . Проте при виконанні термінових заявок споживачів щодо пріоритетних об'єктів, оперативність набуває статусу самостійного критичного критерію.

Досягнення стратегічної мети функціонування СКАКО – C_c , безпосередньо корелює з успішним виконанням визначеного переліку завдань Z . З огляду на системний підхід, взаємозв'язок між метою та процесом її реалізації можна представити у вигляді функціональної залежності:

$$C_c \leftrightarrow Z = f(P_f, V_r, T)$$

де:

- P_f (Функціональна ефективність) – ступінь відповідності отриманого результату поставленому завданню (точність ідентифікації, повнота каталогу);
- V_r (Ресурсна ефективність) – сукупні витрати енергетичних, фінансових, інформаційних та трудових ресурсів;

– Т (Часова або оперативна ефективність) – здатність системи надавати дані у регламентовані терміни.

Пріоритетність показників у контексті національної безпеки

Аналіз ефективності

При аналізі ефективності СКАКО постає питання вибору визначального критерію. Специфіка галузі свідчить про те, що при вирішенні завдань забезпечення національної безпеки та захисту державних інтересів у космічному просторі, цінний показник (V_j) відходить на другий план [6].

Першочергового значення набувають функціональний (P_f) та оперативний (Т) показники. Адже критична помилка в ідентифікації об'єкта або затримка у видачі цілевказівки може призвести до незворотних наслідків, вартість яких неспівмірна з експлуатаційними витратами системи.

Якість як комплексна властивість

Отже, якість функціонування СКАКО слід розглядати як її внутрішню здатність забезпечувати максимальний функціональний виграш при вирішенні цільових завдань. Ця здатність є похідною від:

1. Внутрішніх параметрів: архітектури системи та характеристик її підсистем (чутливість сенсорів, потужність обчислювальних центрів).

2. Зовнішніх факторів: впливу навколишнього середовища (космічна погода, завадова обстановка, техногенне засмічення орбіт).

Якщо виразити через X множину параметрів системи, тобто $X=\{Xi\}$, де $i = [1,p]$, а через Y множину параметрів зовнішнього середовища – $Y=\{Yk\}$, де $k=[1,m]$, тоді $P_\phi = P_\phi(X,Y)$.

Виходячи з цього про ефективність СКАКО можна говорити лише за умови якщо вона вище деякого граничного рівня P_ϕ^* , тобто $P_\phi \geq P_\phi^*$.

Її слід розглядати, насамперед, у контексті трьох основних показників [5]:

– величини контрольованого повітряно-космічного простору – Ω ;

– повноти контролю (відсоток від загального числа КО, що пройшли через зону контролю за певний проміжок часу для яких визначено параметри руху) – χ ;

– точності супроводу – δ .

Загальна інформація про СКАКО не дозволяє судити про виконання функцій системою і робити порівняльну оцінку систем. Виникає необхідність оцінки якості системи з допомогою деяких узагальнених показників, які об'єднують в собі найбільш важливі часткові показники. Для обґрунтування їх структури та складу необхідно визначити в першу чергу основні показники якості системи і критерії, відповідно з якими повинна здійснюватися оптимізація.

Позначимо через u вектор параметрів орбіти КО, а через Q_u континуальну область всіх можливих значень параметрів орбіт КО, які підлягають обслуговуванню. Якщо Q_u розділити на підобласті Q_{uj} , то підобласть Q_{uj} буде включати параметри орбіт КО j -го класу. Тоді можна визначити апіорну ймовірність наявності в потоці КО, які обслуговуються, представників j -го класу:

$$P_{oj} = \int_{\Omega_{uj}} f_{oj}(U) dU,$$

де $f_{oj}(U)$ – апіорна щільність розподілу вектора параметрів u , яка характеризує поточну «заселеність» космічного простору та тенденції її зміни в майбутньому [6].

Апіорні ймовірності P_{oj} появи об'єктів того чи іншого класу орієнтовно можуть бути оцінені на основі наявної в СКАКО інформації про сумарну кількість КО – M_o і кількості КО того чи іншого класу M_{oj} , які можуть потрапляти в сектор огляду даного комплексу з урахуванням реальних параметрів орбіт КО. Тоді $P_{oj} = \frac{M_{oj}}{M_o}$. Отже повнота контролю може бути виражена як

$$\chi = \frac{\sum_j M_{oj}}{M_o} = \frac{M_c}{M_o}.$$

Якщо маємо справу з космічними апаратами певного класу, то $\chi = P_{об}(\gamma, T)$.

Таким чином маємо узагальнений показник ефективності – $P_{об}(\gamma, T)$, який монотонно залежить від показників якості системи. Оптимізація обраного або вже створеного угруповання за технічними параметрами щодо найбільш важких умов роботи в загальному вигляді може бути представлена як

$$\max(\gamma) \min(v) P_{об}(\gamma, T),$$

де γ – ТТХ засобів спостереження;

v – варіанти умов роботи (розуміється наявність перешкод, зміна інтенсивності потоку КО тощо).

Важливими для реальної оцінки якості функціонування СКАКО є залежність показника ефективності $P_{об}(\gamma, T)$ від кількості вимірюваних параметрів КО (розмірності вектора), а також характеристик технічних засобів – γ , які впливають на показники точності (якості) вибірки інформації про тих чи інших ознаках КО. Найбільш об'єктивну оцінку дають результати натурних випробувань. Однак для отримання достовірної оцінки необхідно проведення великого числа випробувань по КО різноманітних класів, що не завжди виявляється можливим і потребує дуже великих часових затрат. Тому особливого значення набувають методи математичного моделювання [2].

Припустимо, що необхідно з точністю, яка забезпечить стає управління оцінити параметри орбіт КО. Нехай для параметрів орбіт КО – u , які обслуговуються, задана деяка довірча область $\exists v$, яка визначає межі допустимих відхилень оцінок вектора параметрів – \hat{v} від дійсного вектора. Таким чином, якщо

$(\hat{v}-v) \in \exists v$, то вважається, що точність визначення параметрів задовольняє вимогам.

Якщо групування засобів спостереження характеризується вектором

$$\gamma = (\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3),$$

де γ_1 – вектор, характеризуючий кількість і типи засобів спостереження (ЗС);

γ_2 – вектор, який включає ТТХ кожного типу ЗС;

γ_3 – вектор, який визначає дислокацію і орієнтацію зон спостереження кожного ЗС, то для будь-якого КА з параметрами $v \in \Omega_v$ може бути оцінена умовна ймовірність супроводу на деякому фіксованому інтервалі часу T з необхідною точністю угруповання ЗС яка характеризується вектором γ

$$P\{(\hat{v}(\gamma, T) - v) \in \exists_0\} = f(v, \gamma, T).$$

Відповідно достовірність обслуговування всього потоку КО того ж угрупованням ЗС з заданою точністю може бути визначена як

$$P_{\text{об}}(\gamma, T) = \int_{\Omega_v} \phi_v(v) f(v, \gamma, T) dv.$$

Якщо космічні об'єкти розподілені на класи і $\exists v = \exists v_j$, то

$$P_{\text{об}}(\gamma, T) = \sum_j P_{\text{об}j} \cdot f_j(\gamma, T),$$

де $f_j(\gamma, T)$ – ймовірність супроводу з заданою точністю КА j – го класу заданої угрупованням ЗС на інтервалі часу T .

Якщо зона контролю не дозволяє супроводжувати космічні об'єкти j -го класу, то відповідна ймовірність дорівнює нулю. Середнє число супроводжуваних КО j -го класу угрупованням засобів спостереження на інтервалі T можна визначити як

$$M_j = \sum_{i=1}^{M_{\text{об}}} P_{\text{об}i} f_i(\gamma, T),$$

для заданої сукупності вузлів і взаємозв'язків між ними. Значно менше досліджена зворотня задача: для заданого набору функцій визначити оптимальний склад системи та взаємозв'язки між ними. Приділимо основну увагу методиці розв'язання задачі вибору типу засобів спостереження, їх кількості, розташування і орієнтації зон спостереження [4].

Деяка початкова структура може бути побудована на підставі досвіду, виходячи з призначення системи, або з використанням засобів спостереження, які вже вирішують завдання спостереження космічних об'єктів, але в інтересах системи з іншими цільовими функціями. Така структура може бути працездатною, але не буде оптимальною за обраними показниками якості.

Система контролю космічного простору являє собою просторово-монолітну систему, і показники її якості багато в чому визначаються просторовими характеристиками засобів спостереження, які утворюють дану систему. При раціональному виборі цих та інших характеристик СККП надалі будемо

спиратися на показники, введені вище, такі як – ймовірність обслуговування потоку КО $P_{\text{об}} = P_{\text{об}}(\gamma, T)$.

По фізичній суті $f(v, \gamma, T)$ є ймовірність події, яка полягає в тому, що задана критеріальна (довірча) область $\exists v$, побудована відносно оцінки $\hat{v}(\gamma, T)$, «накриє» істинне значення вектора параметрів орбіти КО, за умови, що це справжнє значення дорівнює $v \in \Omega_v$. Оцінка $\hat{v}(\gamma, T)$ виходить на основі збору і обробки на інтервалі T вимірювань параметрів руху КО цього угрупованням ЗС з параметрами γ . Розміри і форма довірчої області відображають вимоги щодо якості обслуговування відповідного КО (в сенсі точності визначення параметрів його орбіти) $f(v, \gamma, T) = P\{(\hat{v}(\gamma, T) - v) \in \exists_0\}$ [4].

При отриманні значень функції $f(v, \gamma, T)$ будемо орієнтуватися на потенційно досяжну точність оцінювання вектора v , яка може бути визначена на основі нерівності Рао-Крамера. При цьому в припущенні незміщеності оцінок $\hat{v}(\gamma, T)$ всю інформацію про потенційно досяжну точність оцінювання вектора параметрів орбіти КО, який обслуговується угрупованням ЗС з параметрами γ на інтервалі часу T , можна отримати, якщо розрахувати інформаційну матрицю Фішера (матрицю точності) $1/G(\gamma, T/v)$ [3].

Використовуючи вище наведений методичний апарат можна вирішити практичну задачу оптимізації складу, ТТХ угруповань ЗС СККП, а значить підвищити її ефективність для вирішення завдань щодо визначення навігаційних параметрів КА.

Таким чином, виходячи з узагальнених показників стає зрозуміло, що ймовірність супроводу певного угруповання КА з заданою точністю $f_j(\gamma, T)$ залежить насамперед від різноспрямованості вектора ЗС – $\gamma = (\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3)$.

Слід зазначити, що є області простору, які контролюються лише оптичними засобами і не контролюються радіотехнічними. У той же час оптичні засоби мають обмеження за метеорологічними умовами, умовами освітленості, часом доби. Тобто, маємо дуже «вузький» вектор $\gamma = (\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3)$, який значно впливає на ефективність системи [6].

Створення нових радіотехнічних, радіолокаційних, оптичних та оптико-електронних засобів ККП потребує значних матеріальних і фінансових витрат, значного часу на їх створення та введення в дію. Актуально постає завдання розробки нових методів і способів ідентифікації космічних об'єктів і їх використання в існуючих радіотехнічних комплексах. У тому числі з використанням способу ідентифікації космічних апаратів (КА) на базі прийому і обробки неконтрольованого випромінювання бортової апаратури. Такий підхід дозволить розширити межі вектора ЗС – $\gamma = (\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3)$ при мінімальних витратах і забезпечити ймовірність обслуговування потоку КО приблизно на 10-15%.

Висновки

Проведений аналіз особливостей побудови СКАКО та пошук шляхів підвищення якості її функціонування дозволяють стверджувати: для ефективного балістико-навігаційного забезпечення необхідно чітко формалізувати вимоги до системи при взаємодії з радіотехнічними системами управління (РТСУ).

Основними групами вимог, що пред'являються до СКАКО у цьому контексті, є:

1. Вимоги до вірогідності даних: Забезпечення мінімально припустимих похибок при визначенні параметрів орбіт, що необхідно для розрахунку точних цілевказівок антенним системам наземних пунктів управління.

2. Вимоги до оперативності обміну: Мінімізація часових затримок у контурі «виявлення – ідентифікація – передача даних на РТСУ», що особливо критично при управлінні КА на низьких орбітах з короткими зонами видимості.

3. Вимоги до завадозахищеності: Здатність системи ідентифікувати сигнал КА та супроводжувати його траєкторію в умовах природних та навмисних радіозавад.

4. Вимоги до автономності: Можливість автоматизованого прийняття рішень щодо ідентифікації КО без залучення оператора у критичні фази управління.

Доведено, що подальший розвиток СКАКО неможливий без врахування специфічних вимог радіотехнічних систем управління. Тільки синергія засобів контролю космічного простору та систем управління КА дозволить забезпечити необхідну стійкість та надійність космічної діяльності України.

Фінансування

Дослідження проводилося без фінансової підтримки.

Доступність даних

Рукопис не має пов'язаних даних.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Радіотехніка: Енциклопедичний навчальний довідник : навч. посіб. / за ред. Ю. Л. Мазора, Е. А. Мачуського, В. І. Правди. – Київ : Вища школа, 1999. – 838 с.
- [2] Застосування космічних систем для забезпечення дій збройних сил / за ред. В. І. Ткаченка. – Харків : ХВУ, 2001. – 192 с.
- [3] Загальнодержавна цільова науково-технічна космічна програма України на 2013–2017 роки : Закон України від 05 верес. 2013 р. № 439-VII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/439-18> (дата звернення: 27.03.2026).
- [4] ДСТУ 4220:2003. Дистанційне зондування землі з космосу. Терміни та визначення понять. – [Чинний від 2004–07–15]. – Київ : Держспоживстандарт України, 2003. – 20 с.

- [5] Van Trees H. L. Functional techniques for the analysis of the nonlinear behaviour of phase-locked loops. *Proceedings of the IEEE*. 1964. Vol. 52, No. 8. P. 849–911.
- [6] Shkarofsky I. P. Generalized turbulence space correlation and wave-number spectrum-function pairs. *Canadian Journal of Physics*. 1968. Vol. 46. P. 2133–2153.

RESEARCH OF THE FUNCTIONING OF THE EXISTING SPACE SITUATION CONTROL AND ANALYSIS SYSTEM

Serhii Rahulin, Oleksandr Sharabaiko

The presented article provides an in-depth systemic analysis of the architecture and functional capabilities of the national Space Situation Control and Analysis System (SSCAS) within the framework of implementing the tasks of the National Space Program of Ukraine. The relevance of the study is driven by the rapid militarization and commercialization of near-Earth space, which necessitates the state's possession of independent and high-precision tools for monitoring the space environment to guarantee national security and protect state interests.

The object of the study is the process of ballistic and navigational support for spacecraft (SC) control and the maintenance of space object (SO) catalogs. The work details the role of the SSCAS as a multi-component information system performing tasks of identification, tracking, and motion prediction in real-time. Particular attention is paid to the hierarchical structure of the system, identifying a specialized subsystem for the centralized management of all measurement complexes included in its composition.

The scientific novelty of the study lies in the formalization of criteria for assessing the quality of SSCAS functioning through a three-dimensional vector of indicators: functional result (P), resource costs (V), and time factor (T). The author substantiates a specific approach to prioritizing these indicators within the context of national security. It is proven that when performing strategic tasks, the cost component (V) is secondary compared to operational efficiency (T) and the accuracy of object identification (P), as the cost of an error in ballistic calculations could lead to the loss of expensive space assets or threats to national security.

The article provides a detailed analysis of a group of factors directly correlating with the system's functioning quality: from geospatial configuration (territorial distribution of observation points) to the technical characteristics of communication channels. A separate point highlights the complexity of the system's interconnections with the external environment, including the impact of ionospheric interference and anthropogenic orbital debris on the accuracy of radio-technical measurements.

Based on the analysis results, the critical necessity of establishing stringent requirements for the SSCAS

during its integration with radio-technical spacecraft control systems is identified. It is established that further modernization of the system should be aimed at increasing the automation of identification processes and reducing the time lag between object detection and the issuance of target designations to the information consumer. The conclusions of the article can be utilized in developing prospective plans for the development of ground-based space infrastructure and improving the management algorithms for complex technical systems.

Keywords: SSCAS, National Space Program, space domain awareness, ballistic and navigational support, space object, functional efficiency, radio-technical control systems, national security.

REFERENCES

- [1] Y. L. Mazor, E. A. Machuskyi, V. I. Pravda, Eds., Radiotekhnika: Entsyklopedychnyi navchalnyi dovidnyk; navchalnyi posibnyk, Kyiv: Vyscha Shkola, 1999.
- [2] V. I. Tkachenko, Ed., Zastosuvannia kosmichnyk
- [3] h system dlia zabezpechennia dii zbroinykh syl, Kharkiv: KhVU, 2001.
- [4] Law of Ukraine No. 439-VII, "Zahalnodержavna tsilova naukovo-tekhnichna kosmichna prohrama Ukrainy na 2013–2017 roky," 2013. Available: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/439-18>
- [5] DSTU 4220:2003, Dystantsiine zonduvannia zemli z kosmosu. Terminy ta vyznachennia poniat, Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2003.
- [6] H. L. Van Trees, "Functional techniques for the analysis of the nonlinear behaviour of phase-locked loops," Proceedings of the IEEE, vol. 52, no. 8, pp. 849–911, 1964. DOI: 10.1109/PROC.1964.3184.
- [7] I. P. Shkarofsky, "Generalized turbulence space correlation and wave-number spectrum-function pairs," Canadian Journal of Physics, vol. 46, no. 19, pp. 2133–2153, 1968. DOI: 10.1139/p68-561.

Дата першого надходження статті до видання:
12.02.2026

Дата прийняття статті до друку

після рецензування: 07.02.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті:
00.00.0000



Стаття поширюється на умовах
ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0