

УДК 005.8:502.17

DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-3583/41.21>

Хрутьба А.С.

офіцер відділення безпілотних систем

Військова частина А0666

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2456-8437>

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ КОМУНІКАЦІЯМИ В РОЗПОДІЛЕНИХ ПРИРОДООХОРОННИХ ПРОЄКТАХ

Розроблено концептуальну модель чинників комунікацій та методику оцінки ефективності управління ними в розподілених природоохоронних проєктах в умовах невизначеності та віддаленості учасників. Методологічну основу становлять теорія активних систем, системний підхід, теорія нечітких множин та метод аналізу ієрархій. Здійснено системний аналіз комунікаційних процесів із виокремленням підсистем підготовки, безпосередньої взаємодії та її завершення, а також описано керовані й некеровані впливи та зворотний зв'язок. Сформовано критерії оцінки ефективності узгодженого управління за трьома групами. Запропоновано методику кількісної оцінки якості управління, де вагомість критеріїв визначається методом аналізу ієрархій, а інтегральна оцінка – нечіткими логічними рівняннями з вибором варіанта за максимальним значенням функції належності.

Ключові слова: розподілений природоохоронний проєкт, управління комунікаціями, стейкхолдер, активна система, ефективність, нечіткі множини, зацікавлені сторони.

Постановка проблеми. Сучасні природоохоронні програми та проєкти дедалі частіше реалізуються розподіленими командами, учасники яких відокремлені територіально, організаційно та інституційно: органи державної влади й місцевого самоврядування, суб'єкти господарювання, заклади освіти, громадські організації, міжнародні донори тощо. Така розподіленість породжує специфічні проблеми обміну інформацією: різноманітність каналів і засобів зв'язку, асиметрію інформованості учасників, відмінності цінностей і цільових настанов зацікавлених сторін, стохастичний вплив зовнішнього середовища. За цих умов саме комунікації стають критичним чинником успішності проєкту, а їхня неефективність – джерелом конфліктів, затримок і невиконання екологічних цілей.

Водночас у практиці управління природоохоронними проєктами бракує формалізованих інструментів, які дозволяють б системно описати чинники комунікацій, кількісно оцінити ефективність та якість управління ними і на цій основі обґрунтовувати управлінські рішення. Це зумовлює необхідність розроблення концептуальної моделі чинників комунікацій та методики оцінки ефективності управління комунікаціями в розподілених природоохоронних проєктах, що і визначає актуальність цього дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретичним підґрунтям дослідження взаємодії учасників проєкту є концепція зацікавлених сторін, започаткована Р.Е. Фріманом [1], відповідно до якої стейкхолдером визнається будь-яка особа чи група, що може впливати на досягнення цілей організації або зазнає впливу від її діяльності. Проблема узгодження інтересів принципала та агента, мінімізації агентських витрат і побудови контрактів розкрита у класичній праці М. Дженсена та В. Меклінга [2]. Математично обґрунтовані підходи до проєктування механізмів управління, за яких розкриття

достовірної інформації стає найкращою стратегією раціонального учасника, розвинуто в межах теорії дизайну механізмів Л. Гурвіцем, Е. Маскіним та Р. Маерсоном [3]. У межах цього напрямку механізм розглядається як математична структура, що узгоджує поведінку учасників через систему відповідних стимулів. Основна увага приділяється побудові інформаційно ефективних систем, які мінімізують ресурси на обмін інформацією та забезпечують досягнення поставлених цілей. Інструментарій моделювання поведінки раціональних (активних) агентів в організаційних системах систематизовано у працях Д. Новікова з теорії управління організаційними системами [4].

Методологічні засади управління комунікаціями та зацікавленими сторонами проєкту закріплено у стандарті PMBOK Guide Інституту управління проєктами [5]. Питання інтеграції екологічної складової в методологію проєктного менеджменту (GreenPM) розглянуто Р. Мальцманом і Д. Ширлі [6]. Серед вітчизняних науковців вагомий внесок у розвиток методології управління проєктами та програмами зробили С.Д. Бушуєв і Н.С. Бушуєва [7], проблеми управління ризиками та відхиленнями у проєктах досліджує О.Б. Данченко [8], особливості управління проєктами і програмами природоохоронного спрямування у транспортно-дорожньому комплексі розкрито у працях В.О. Хрутьби [9]. Математичний апарат оброблення різноманітних експертних даних представлений теорією нечітких множин Л. Заде [10], методом аналізу ієрархій Т. Сааті [11] та технологіями нечіткої ідентифікації О.П. Ротштейна [12].

Разом з тим, невирішеною частиною загальної проблеми залишається формалізований опис сукупності чинників комунікацій саме в розподілених природоохоронних проєктах, де зацікавлені сторони мають різний рівень інформованості, різні цінності та канали взаємодії, а також відсутність методики, яка б поєдну-



© Хрутьба А.С., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)

вала якісні та кількісні критерії оцінки ефективності узгодженого управління комунікаціями в умовах різнотипності вихідних даних.

Метою статті є розроблення концептуальної моделі чинників комунікацій та методики оцінки ефективності управління комунікаціями в розподілених природоохоронних проєктах.

Виклад основного матеріалу дослідження. Концептуальна модель чинників комунікацій в управлінні проєктами являє собою сукупність взаємопов'язаних понять і системний опис комунікаційних процесів. Вона охоплює множину понять та можливих зв'язків між ними, що дає змогу побудувати схематичне подання взаємозалежностей ключових чинників для пошуку рішень проблеми. Передумовою побудови такої моделі є аналіз чинників впливу та закономірностей їх об'єднання в логічну схему: на першому кроці встановлюється зв'язок між об'єктом, предметом і контекстом дослідження, тобто визначається сукупність зовнішніх умов існування об'єкта та чинників, які на нього впливають. Під час дослідження процесу управління комунікаціями в розподілених проєктах контекстом виступають характеристики системи комунікацій, а самі комунікації є об'єктом дослідження.

Модель характеризує сукупність процесів, які за проміжок часу T змінюють стан стейкхолдера як відправника та одержувача інформації

$X = \{x(t)\}$ і $Y = \{y(t)\}$. Для розподілених проєктів вихід системи $y(t)$ є результатом комунікативного процесу – новим станом стейкхолдера-одержувача, тобто результатом певного перетворення $y(t) = F(x(t))$, вид якого заздалегідь невідомий. Комунікаційний зв'язок між стейкхолдерами може реалізовуватися у письмовій, усній або електронній формі. Якщо позначити сomm множину комунікацій проєкту, то будь-який чинник комунікації виокремлює в ній підмножину елементів, що мають відповідну характеристику, а підмножини процесів управління комунікаціями визначаються на множині всіх упорядкованих пар «вхід–вихід». Найпростішу логічну структуру концептуальної моделі комунікацій у розподілених проєктах подано на рис. 1.

На зміну стану стейкхолдера впливають як керовані $u(t)$, так і некеровані $v(t)$ впливи. До некерованих належать зовнішні чинники – законодавчі, фінансові, структурні та інформаційні аспекти, якими неможливо

керувати в межах самого проєкту. Постійні зміни нормативно-правової бази природоохоронної діяльності, нестабільна платоспроможність учасників, часті зміни організаційної структури та рівня поінформованості учасників справляють стохастичний вплив на систему комунікацій. Зворотний зв'язок призначений для коригування процесу з метою покращення взаємодії між учасниками та залучення нових елементів.

Для визначення характеристик концептуальної моделі доцільно застосувати елементи теорії активних систем, у межах якої учасники розглядаються як раціональні (стратегічні) агенти з власними інтересами та асиметричною інформованістю [4]. Припустимо, що будь-який стейкхолдер розподіленого природоохоронного проєкту визначається як активна система, що задається кортежем параметрів:

$$STAKEH_i = \left\langle \begin{matrix} COMP_i, STR_i, TIME_i, VALUE_i, \\ STRAT_i, FUNCT_i, INF_i \end{matrix} \right\rangle \quad (1)$$

де $STAKEH_i$ – окремий стейкхолдер розподіленого проєкту; $COMP_i$ – склад активної системи; STR_i – структура активної системи; $TIME_i$ – час (період) участі у проєкті; $VALUE_i$ – цінність (цільова функція), що відображує інтереси та переваги конкретної активної системи; $STRAT_i$ – допустимі множини станів (стратегій) учасників; $FUNCT_i$ – порядок функціонування; INF_i – інформованість учасників активної системи.

Склад активної системи визначається сукупністю суб'єктів та об'єктів, що є її елементами; розрізняють одноелементні системи (наприклад, департамент міністерства, зацікавлений у реалізації проєкту) та багатоеlementні (заклади освіти, що реалізують просвітницьку складову природоохоронного проєкту). Структура системи описує сукупність інформаційних, управляючих та інших зв'язків між учасниками, включно з рівнями ієрархії, характером підпорядкованості (унітарний контроль віялоподібного типу або розподілений контроль, у тому числі багатоканальний) та рівнем взаємозалежності показників діяльності. Період участі відображує наявність або відсутність динаміки – однократне, багатократне залучення чи постійну участь; динамічні системи можуть бути далекоглядними або недалекоглядними, адаптивними або неадаптивними. Цільова функція відпо-

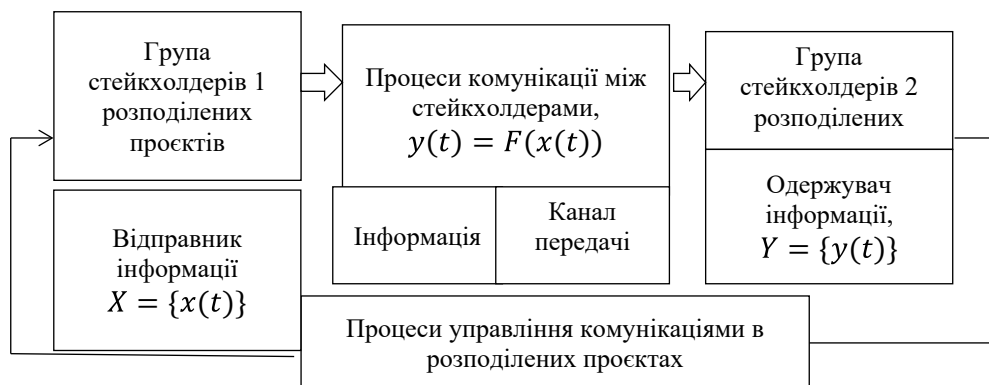


Рисунок 1 – Логічна структура концептуальної моделі управління комунікаціями в розподілених природоохоронних проєктах

Джерело: сформовано автором

відає вибору станів, які максимізують інтереси учасників відповідно до типу завдань управління (стимулювання, планування тощо). Допустимі множини стратегій визначаються індивідуальними та загальними обмеженнями, що накладаються середовищем, а порядок функціонування – послідовністю отримання інформації та вибору стратегій.

Особливе значення для розподілених проєктів має інформованість учасників, яка характеризується видом інформованості (симетрична, асиметрична, детермінована) та невизначеністю. За типом невизначеність поділяється на внутрішню (параметри самої системи, цільові функції, допустимі множини), зовнішню (параметри навколишнього середовища) та змішану; за видом – на інтервальну (відома множина можливих значень параметра), імовірнісну (відомий розподіл імовірностей), нечітку (відома функція належності) та змішану. Поведінка учасників включає методи усунення невизначеності та принципи раціональної поведінки.

Системний аналіз комунікаційної взаємодії між стейкхолдерами в розподілених природоохоронних проєктах дозволив об'єднати операційні процеси обміну інформацією та стратегічні процедури управління ними в єдину цілісну систему. В межах цієї системи виокремлено три ключові підсистеми (фази): підготовки та планування, безпосередньої комунікації та розповсюдження інформації, а також завершення, оцінювання та зворотного зв'язку (табл. 1).

Такий підхід забезпечує наскрізне узгодження цільових функцій, ресурсних обмежень і параметрів функціонування зацікавлених сторін на всіх етапах реалізації проєкту.

Отже, концептуальна модель чинників комунікацій у розподілених природоохоронних проєктах поєднує

вхідні та вихідні параметри, що визначають стан стейкхолдера як відправника й одержувача інформації, самі комунікаційні процеси та процеси управління ними. Її основою є характеристика стейкхолдера як активної системи, що задається кортежем (1). Така формалізація створює підґрунтя для переходу від якісного опису до кількісної оцінки ефективності управління комунікаціями [9].

Методика оцінки якості управління комунікаціями в розподілених природоохоронних проєктах в умовах різнотипності даних із застосуванням теорії нечітких множин складається з двох блоків: перший призначений для визначення критеріїв оцінки ефективності узгодженого управління комунікаціями, другий – для кількісної оцінки якості управління ними.

У межах першого блоку критерії оцінки ефективності узгодженого управління комунікаціями згруповано за трьома складовими: ефективність використання технологічної складової (*Etech*), ефективність інформаційного середовища (*Eenvir*) та комунікативна компетентність учасників комунікаційного процесу (*Epeople*). Технологічна складова охоплює технічну готовність параметрів мережі, повноту використання апаратного, програмного та алгоритмічного забезпечення, а також канали передавання інформації – безпосередній фізичний контакт та особисті бесіди, електронні засоби зв'язку (електронна пошта, соціальні мережі), телефон, факс і пошту, особові статичні канали (записки, листи тощо) [10]. Ефективність середовища характеризується швидкістю (кількість повідомлень за одиницю часу, швидкість передачі інформації в електронному вигляді, швидкість реакції на повідомлення), ефективністю інформаційної логістики (необхідний контент у потрібний час і в потрібному місці), достовірністю та правильною інтерпретацією інформації

Таблиця 1 – Комплексний системний аналіз процесів та управління комунікаціями між стейкхолдерами проєкту

Підсистема (Фаза)	Ключові процеси та функціонування	Цілі функціонування	Вхідні/вихідні параметри та фактори
1. Підготовка та планування комунікацій	- Ідентифікація стейкхолдерів, аналіз їхніх цінностей та інформованості. - Визначення мети, вимог та обмежень щодо обміну інформацією. - Формування повідомлення (кодування) та вибір каналів передавання.	- Формування реєстру стейкхолдерів та плану комунікацій. - Вибір оптимальних засобів і каналів передачі інформації. - Узгодження обов'язкових інформаційних потреб учасників.	Множина наявної інформації; статут і документація проєкту; ролі та стратегії учасників; тип символів кодування; соціокультурне середовище відправника.
2. Безпосередня комунікація та управління взаємодією	- Передавання повідомлення обраними каналами (усна, письмова, цифрова форма). - Декодування та тлумачення інформації одержувачем. - Розповсюдження інформації, реагування на запити та розв'язання комунікаційних проблем.	- Забезпечення своєчасного та точного обміну інформацією. - Досягнення правильного тлумачення змісту повідомлення. - Задоволення комунікаційних потреб та управління очікуваннями стейкхолдерів.	Форма повідомлення; рівень впливу завад («шумів»); обізнаність і соціокультурний контекст одержувача; журнали проблем і змін; прогнози та несподівані запити.
3. Завершення, зворотний зв'язок та оцінювання	- Забезпечення зворотного зв'язку (зміна ролей відправника й одержувача). - Оцінювання якісних і часових характеристик комунікаційної системи. - Оцінювання синергетичного ефекту від співпраці стейкхолдерів.	- Визначення рівня взаєморозуміння та відповідності переданої інформації. - Підвищення швидкості та якості функціонування системи. - Досягнення цілей учасників за мінімізації витрат і збитків.	Параметри зворотного зв'язку; час передачі та якості інформації; рівень узгодженості цілей і цінностей; рівень раціональності використання ресурсів.

Джерело: сформовано автором на основі [5; 6]

реципієнтом, надійністю і безпекою (захист повідомлення від пошкоджень і витоку) та рівнем невизначеності інформованості учасника. Комунікативна компетентність учасників визначається рівнем кваліфікації та кількістю працівників, які володіють комунікаційними технологіями, кількістю дублювань комунікацій та інформаційних зв'язків, рівнем інформатизації організаційної структури, швидкістю і повнотою передачі інформації на різних ієрархічних ланках, а також методами комунікації (вербальні, невербальні, інтерактивні, комунікації за запитом і без запиту).

Кількісну та якісну оцінку визначених критеріїв доцільно проводити з використанням методів нечіткої логіки, а вагомість кожного критерію визначати за методом аналізу ієрархій. Визначені групи критеріїв дозволили сформувати модель оцінки ефективності узгодженого управління комунікаціями в розподілених природоохоронних проєктах (2). Визначені критерії ефективності використання технологічної складової (E_{tech}), ефективності середовища (E_{envir}) та комунікативної компетентності учасників комунікаційного процесу (E_{people}) дозволили сформувати модель оцінки ефективності узгодженого управління комунікаціями в розподілених природоохоронних проєктах:

$$E_{common} = \beta_1 E_{tech} + \beta_2 E_{envir} + \beta_3 E_{people} \quad (2)$$

за умови, що $\sum_{i=1}^3 \beta_i = 1$

де β_i – коефіцієнт вагомості кожного окремого критерію;

За результатами аналізу сукупності наведених співвідношень побудовано дерево логічного висновку: його корінь відповідає величині ефективності узгодженого управління комунікаціями, а висячі вершини – критеріям ефективності використання технологічної складової, ефективності середовища та комунікативної компетентності учасників комунікаційного процесу (рис. 2).

Корінь дерева логічного висновку відповідає величині ефективності узгодженого управління комунікаціями в розподілених природоохоронних проєктах, а висячі вершини – критеріям ефективності викорис-

тання технологічної складової, ефективності середовища та комунікативної компетентності учасників комунікаційного процесу

Другий блок методики передбачає кількісну оцінку якості управління комунікаціями. Вихідними даними є вектор коефіцієнтів вагомості заданих критеріїв та матриця значень функцій належності нечіткій множині для шуканого критерію. Лінгвістичним висловлюванням бази знань кожного критерію відповідають бальні оцінки, які характеризують поверхню належності змінних за відповідним термом (табл. 2) [10].

Ранжування варіантів оцінки ефективності відбувається на основі значень елементів вектору E_{common} .

Об'єднавши нечіткі логічні рівняння для всіх критеріїв зможемо оцінити ефективність узгодженого управління комунікаціями в РПП:

$$\mu(E_{common}) = \beta_1 \cdot \mu(E_{tech}) + \beta_2 \cdot \mu(E_{envir}) + \beta_3 \cdot \mu(E_{people}) \quad (3)$$

за умови, що $\sum_{i=1}^3 \beta_i = 1$

де μ – ступінь належності елемента до нечіткої множини; E_{tech} – ефективність використання технологічної складової; E_{envir} – ефективність середовища; E_{people} – комунікативна компетентність учасників процесу [12].

Найбільш узгодженою вважається комунікація, що відповідає максимальним значенням функції належності:

$$\mu_{E_{common}}(a^*) = \max_{a_i \in A} \mu_{common}(a_i) \quad (4)$$

Отже, для кожного стейкхолдера визначаються критерії оцінки ефективності комунікації, створюються моделі нечітких логічних рівнянь, які були об'єднані в загальну модель оцінки ефективності узгодженого управління комунікаціями, що можуть бути використані безпосередньо для підвищення ефективності взаємодії учасників в розподілених природоохоронних проєктах.

Практичне застосування методики передбачає таку послідовність кроків. На першому кроці на основі документації проєкту формується реєстр зацікавлених сторін і для кожного стейкхолдера як активної системи

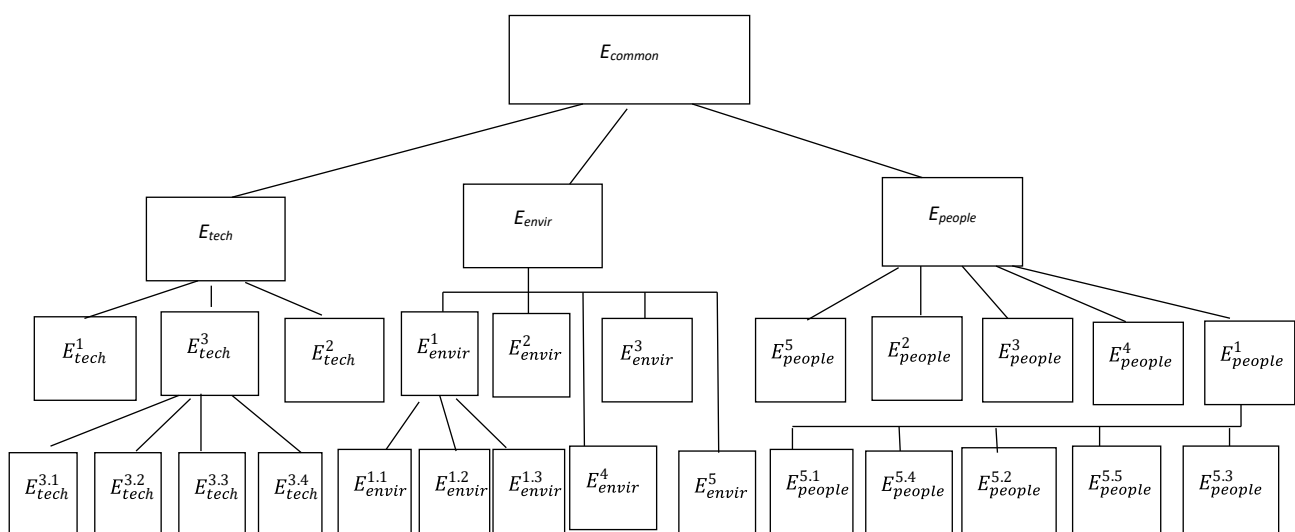


Рисунок – 2. Дерево логічного висновку ієрархічних зв'язків критеріїв узгодженого управління комунікаціями в природоохоронних проєктах

Джерело: сформовано автором на основі [10]

Таблиця 2 – Критерії оцінки ефективності узгодженого управління комунікаціями в розподілених природоохоронних проєктах

Складова ефективності комунікацій	Критерії ефективності узгодженого управління комунікаціями	Бали (терми) для оцінки
Ефективність використання технологічної складової (Etech)	Технічна готовність технічних параметрів мережі; повнота використання апаратного, програмного та алгоритмічного забезпечення; канали передавання інформації (фізичний контакт та особисті бесіди; електронні засоби зв'язку; телефон, факс, пошта; особові статичні канали)	1–4 – низький; 5–7 – середній; 8–10 – високий
Ефективність інформаційного середовища (Envir)	Швидкість (кількість повідомлень за одиницю часу; швидкість передачі інформації в електронному вигляді; швидкість реакції на повідомлення); ефективність інформаційної логістики; достовірність і правильна інтерпретація інформації реципієнтом; надійність і безпека; рівень невизначеності інформованості учасника	1–4 – низький; 5–7 – середній; 8–10 – високий
Комунікативна компетентність учасників комунікаційного процесу (Epeople)	Рівень кваліфікації та кількість працівників, що володіють комунікаційними технологіями; кількість дублювань комунікацій та інформаційних зв'язків; рівень інформатизації організаційної структури; швидкість і повнота передачі інформації на різних ієрархічних ланках; методи комунікації (вербальні, невербальні, інтерактивні, за запитом, без запиту)	1–4 – низький; 5–7 – середній; 8–10 – високий

Джерело: сформовано автором на основі [10; 12]

визначаються параметри кортежу (1). На другому кроці експерти оцінюють стан кожного критерію, наведеного в табл. 2, за десятибальною шкалою, а отримані бали співвідносяться з лінгвістичними термами «низький», «середній» та «високий». На третьому кроці за методом аналізу ієрархій будується матриця попарних порівнянь критеріїв і розраховуються коефіцієнти їх вагомості з перевіркою узгодженості експертних суджень. На четвертому кроці виконується фазифікація оцінок – визначаються значення функцій належності кожного критерію відповідним термам, після чого нечіткі логічні рівняння окремих критеріїв агрегуються у загальну оцінку за моделлю (3). На завершальному кроці варіанти організації комунікаційної взаємодії ранжуються за правилом (4), і як найбільш узгоджений обирається варіант з максимальним значенням функції належності.

Перевагою запропонованого підходу є можливість спільного оброблення різнотипних даних – кількісних вимірювань, експертних бальних оцінок та лінгвістичних суджень учасників, а ієрархічна структура критеріїв (рис. 2) дозволяє локалізувати «вузькі місця» системи комунікацій і безпосередньо вказує на напрям управлінського впливу.

Таким чином, для кожного стейкхолдера визначаються критерії оцінки ефективності комунікації, будуються моделі нечітких логічних рівнянь, які об'єднуються в загальну модель оцінки ефективності узгодженого управління комунікаціями. Отримані оцінки можуть безпосередньо використовуватися для діагностики комунікаційних проблем, порівняння альтернативних конфігурацій каналів взаємодії та підвищення ефективності співпраці учасників розподілених природоохоронних проєктів.

Висновки. За результатами дослідження визначено закономірності комунікаційних процесів у роз-

поділених природоохоронних проєктах та розроблено концептуальну модель чинників комунікацій, основою якої є представлення стейкхолдера як активної системи, що задається кортежем параметрів: склад, структура, період участі у проєкті, цільова функція, допустимі стратегії, порядок функціонування та інформованість учасників. Модель враховує керовані та некеровані впливи на систему комунікацій і зворотний зв'язок, призначений для покращення взаємодії учасників.

Проведений системний аналіз процесів комунікації та процесів управління комунікаціями дозволив схарактеризувати підсистеми підготовки, безпосереднього здійснення і завершення комунікації, а також процеси від ідентифікації зацікавлених сторін до оцінювання ефективності комунікацій і співпраці. Сформовано три групи критеріїв оцінки ефективності узгодженого управління комунікаціями – ефективність технологічної складової, ефективність інформаційного середовища та комунікативна компетентність учасників – і розроблено методику кількісної оцінки якості управління комунікаціями, яка ґрунтується на теорії нечітких множин та методі аналізу ієрархій і дозволяє ранжувати варіанти комунікаційної взаємодії за максимальним значенням функції належності.

Практична цінність результатів полягає у можливості їх використання керівниками природоохоронних програм і проєктів для діагностики комунікаційних проблем та обґрунтування управлінських рішень в умовах невизначеності. Перспективами подальших досліджень є експериментальна верифікація запропонованої методики на реальних розподілених природоохоронних проєктах та розроблення програмних засобів автоматизації оцінювання ефективності комунікацій.

Список використаних джерел:

1. Freeman R.E. Strategic Management: A Stakeholder Approach. Boston : Pitman, 1984. 276 p.
2. Jensen M.C., Meckling W.H. Theory of the firm: Managerial behavior, agency costs and ownership structure. *Journal of Financial Economics*. 1976. Vol. 3, № 4. P. 305–360.
3. Hurwicz L., Reiter S. Designing Economic Mechanisms. New York : Cambridge University Press, 2006. 344 p.
4. Novikov D.A. Theory of Control in Organizations. New York : Nova Science Publishers, 2013. 341 p.
5. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide). 7th ed. Newtown Square : Project Management Institute, 2021. 274 p.
6. Maltzman R., Shirley D. Green Project Management. Boca Raton : CRC Press, 2011. 296 p.

7. Бушуєв С.Д., Бушуєва Н.С. Управління проектами: основи професійних знань і система оцінки компетентності проєктних менеджерів. Київ : ІРІДІУМ, 2006. 208 с.
8. Данченко О.Б. Практичні аспекти управління ризиками в проєктах. *Управління розвитком складних систем*. 2014. Вип. 19. С. 25–31.
9. Хрутьба В.О. Основи управління проектами і програмами поводження з відходами в транспортно-дорожньому комплексі : монографія. Київ : НТУ, 2013. 192 с.
10. Zadeh L.A. Fuzzy sets. *Information and Control*. 1965. Vol. 8, № 3. P. 338–353.
11. Saaty T.L. The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. New York : McGraw-Hill, 1980. 287 p.
12. Ротштейн О.П. Інтелектуальні технології ідентифікації: нечіткі множини, генетичні алгоритми, нейронні мережі. Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1999. 320 с.

References:

1. Freeman R. E. (1984). Strategic Management: A Stakeholder Approach. Boston: Pitman.
2. Jensen M. C. & Meckling W. H. (1976). Theory of the firm: Managerial behavior, agency costs and ownership structure. *Journal of Financial Economics*, no. 3(4), pp. 305–360.
3. Hurwicz L. & Reiter S. (2006). Designing Economic Mechanisms. New York: Cambridge University Press.
4. Novikov D. A. (2013). Theory of Control in Organizations. New York: Nova Science Publishers.
5. Project Management Institute (2021). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) (7th ed.). Newtown Square: PMI.
6. Maltzman R. & Shirley D. (2011). Green Project Management. Boca Raton: CRC Press.
7. Bushuiev S. D. & Bushuieva N. S. (2006). Upravlinnia proektamy: osnovy profesiynykh znan i systema otsinky kompetentnosti proektnykh menedzheriv [Project management: fundamentals of professional knowledge and the system for assessing the competence of project managers]. Kyiv: IRIDIUM. (in Ukrainian)
8. Danchenko O. B. (2014). Praktychni aspekty upravlinnia ryzykamy v proektakh [Practical aspects of risk management in projects]. *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system*, no. 19, pp. 25–31. (in Ukrainian)
9. Khrutba V. O. (2013). Osnovy upravlinnia proektamy i prohramamy povodzhennia z vidkhodamy v transportno-dorozhnomu kompleksy [Fundamentals of managing waste management projects and programs in the transport and road complex]. Kyiv: NTU. (in Ukrainian)
10. Zadeh L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, no. 8(3), pp. 338–353.
11. Saaty T. L. (1980). The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. New York: McGraw-Hill.
12. Rotshtein O. P. (1999). Intelektualni tekhnolohii identyfikatsii: nechitki mnozhyny, henetychni alhorytmy, neironni merezhi [Intelligent identification technologies: fuzzy sets, genetic algorithms, neural networks]. Vinnytsia: UNIVERSUM-Vinnytsia. (in Ukrainian)

Khrutba Andrii

Military Unit A0666

ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF COMMUNICATION MANAGEMENT IN DISTRIBUTED ENVIRONMENTAL PROJECTS

The relevance of the study is determined by the growing number of environmental projects implemented by geographically and organizationally distributed teams, in which stakeholders differ in goals, values, level of awareness and communication capabilities. The purpose of the article is to develop a conceptual model of communication factors and a methodology for assessing the effectiveness and quality of communication management in distributed environmental projects. The research methodology is based on the system approach, the theory of active systems, the theory of fuzzy sets and the analytic hierarchy process. The stakeholder of a distributed environmental project is presented as an active system defined by a tuple of parameters: composition, structure, time of participation in the project, value or objective function, admissible sets of states and strategies, order of functioning and awareness of participants. A conceptual model of communication factors has been developed, which describes controlled and uncontrolled influences on the communication system and the feedback intended to improve interaction between participants. The system analysis of communication processes and communication management processes between stakeholders has been carried out, and the subsystems of preparation, direct communication and completion of the communication process have been characterized. Three groups of criteria for assessing the effectiveness of coordinated communication management have been formed: the effectiveness of the technological component, the effectiveness of the information environment, and the communicative competence of the participants in the communication process. A logical inference tree of hierarchical relations of criteria has been constructed, and a fuzzy model for the quantitative assessment of the quality of communication management has been proposed, in which the weight of each criterion is determined by the analytic hierarchy process and the most coordinated communication corresponds to the maximum value of the membership function. The practical value of the results lies in the possibility of using the proposed models and methodology by project managers of environmental programs and projects to diagnose communication problems, rank options for interaction between stakeholders and substantiate management decisions under uncertainty.

Keywords: distributed environmental project, communication management, stakeholder, active system, effectiveness, fuzzy sets, stakeholders' interaction.

JEL classification: O32, O22, D83, C44

Дата надходження статті: 12.07.2026

Дата прийняття статті до публікації: 17.08.2026

Дата публікації статті: 03.09.2026