

УДК 69.003:658.7:519.85

## **О. С. Коваленко\***

аспірант 4-го курсу, ORCID <https://orcid.org/0009-0005-2224-4174>

Кафедра промислового та цивільного будівництва

Запорізький національний університет, просп. Соборний, 226, Запоріжжя, Україна, 69006

\*автор-кореспондент, e-mail: [22bendera.s@gmail.com](mailto:22bendera.s@gmail.com)

# **Багатокритеріальна математична модель оптимізації організаційно-логістичних процесів у цивільному будівництві**

Цитувати як:

Коваленко, О. С. (2026). Багатокритеріальна математична модель оптимізації організаційно-логістичних процесів у цивільному будівництві. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві, 25, 124-139. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2026-15\(25\)-10](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2026-15(25)-10)

© 2026, Автори. Публікується згідно рекомендацій ліцензії [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

*Анотація. У статті досліджено проблему підвищення ефективності організаційно-логістичних процесів у цивільному будівництві на основі багатокритеріального математичного моделювання. Визначено, що традиційні підходи до календарно-ресурсного планування не завжди забезпечують узгодження строків виконання робіт, ресурсних потреб, можливостей постачання, складської місткості та пропускну здатності логістичних вузлів. Це зумовлює необхідність моделі, здатної одночасно враховувати часові, вартісні, ресурсні, просторові та надійнісні параметри будівельного процесу.*

*Метою дослідження є обґрунтування багатокритеріальної математичної моделі оптимізації організаційно-логістичних процесів у цивільному будівництві, яка забезпечує формалізоване узгодження тривалості виконання робіт, сукупних логістичних витрат, надійності забезпечення ресурсами та ресурсної збалансованості. Методологічну основу дослідження становлять положення системного аналізу, параметризації будівельної логістики, структурно-функціонального моделювання та багатокритеріальної оптимізації.*

*У роботі запропоновано структуру математичної моделі, що охоплює систему вхідних параметрів, змінних рішення, цільових функцій та обмежень. Як основні критерії оптимізації визначено мінімізацію тривалості виконання робіт, мінімізацію сукупних логістичних витрат, максимізацію надійності постачання ресурсів і підвищення ресурсної збалансованості. Модель враховує технологічні залежності між роботами, потребу в ресурсах, часові вікна доставки, обмеження складської місткості, пропускну здатність логістичних вузлів і готовність фронтів робіт.*

*Розрахункова апробація запропонованої моделі виконана шляхом порівняння традиційного календарно-ресурсного сценарію з оптимізаційним організаційно-логістичним сценарієм. Отримані результати показали скорочення тривалості реалізації проєкту з 395 до 381,91 дня, зниження сукупних логістичних витрат з 7*

581 684,17 грн до 7 257 551,01 грн, підвищення надійності забезпечення ресурсами з 0,51 до 0,8460 та покращення ресурсної збалансованості з 0,86 до 0,8815.

*Практичне значення запропонованого підходу полягає у можливості формування множини допустимих компромісних організаційно-логістичних альтернатив, що можуть бути використані для підтримки прийняття управлінських рішень під час планування, коригування та реалізації цивільних будівельних проєктів.*

*Ключові слова: цивільне будівництво, організаційно-логістичні процеси, багатокритеріальна оптимізація, будівельна логістика, Парето-ефективні рішення.*

## **Вступ**

**Аналіз літературних джерел та постановка проблеми.** Питання підвищення ефективності організації будівельного виробництва, оптимізації організаційно-технологічних рішень, ресурсного забезпечення та управління будівельними процесами розглядалися у працях багатьох вітчизняних і зарубіжних дослідників. Зокрема, у роботах І. А. Арутюнян, В. І. Аніна, І. Д. Павлова, М. О. Полтавця, А. В. Радкевича, О. А. Тугая та інших науковців обґрунтовано необхідність системного підходу до організації будівництва, удосконалення календарно-ресурсного планування, підвищення організаційно-технологічної надійності та раціонального використання трудових, матеріальних і технічних ресурсів [1–5].

У сучасних умовах традиційні підходи до організації будівельного виробництва, що переважно орієнтовані на календарну послідовність робіт і нормативне ресурсне забезпечення, не завжди враховують складність логістичних зв'язків між учасниками будівельного процесу. Особливо це проявляється в умовах обмеженості будівельного майданчика, нестабільності постачання матеріально-технічних ресурсів, необхідності скорочення строків виконання робіт і підвищення вимог до узгодженості управлінських рішень. Застосування системного підходу та методів моделювання дозволяє розглядати будівельний проєкт як складну систему взаємопов'язаних технологічних, ресурсних, логістичних та управлінських процесів [3; 4; 6].

Окремий напрям досліджень пов'язаний із застосуванням логістичного інструментарію, Lean Construction, управління ланцюгами постачання та цифрових засобів підтримки будівельних процесів. У працях L. Koskela, G. Ballard, R. Vrijhoef, L. Koskela, R. Sacks та інших дослідників показано, що підвищення ефективності будівництва значною мірою залежить від узгодження матеріальних, інформаційних і виробничих потоків, зменшення втрат, своєчасного постачання ресурсів і покращення координації між учасниками проєкту [7–12]. У цьому контексті будівельна

логістика виступає не лише допоміжною функцією постачання, а й інструментом забезпечення ритмічності, безперервності та адаптивності будівельного процесу.

Разом із тим аналіз наукових джерел свідчить, що значна частина існуючих підходів зосереджена або на календарно-мережевому плануванні, або на ресурсному забезпеченні, або на окремих логістичних операціях. Недостатньо розробленим залишається комплексний підхід, який одночасно враховує технологічні залежності між роботами, часові вікна доставки, складську місткість будівельного майданчика, пропускну здатність логістичних вузлів, надійність постачання та ресурсну збалансованість. Водночас саме поєднання цих параметрів є необхідною умовою для формування реалістичних організаційно-логістичних сценаріїв у цивільному будівництві [1; 5; 11; 12].

Наукова новизна запропонованого підходу полягає в адаптації багатокритеріального математичного моделювання до задачі організаційно-логістичної оптимізації цивільного будівництва шляхом одночасного врахування тривалості виконання робіт, сукупних логістичних витрат, надійності забезпечення ресурсами та ресурсної збалансованості. На відміну від наявних підходів [13–17], які переважно зосереджені на загальних алгоритмах багатокритеріальної оптимізації, розміщенні ресурсів, BIM/GIS або компромісі між часом, вартістю та якістю, запропонована модель додатково враховує часові вікна доставки, складську місткість, пропускну здатність логістичних вузлів і готовність фронтів робіт. Це дозволяє оцінювати практично допустимі організаційно-логістичні сценарії.

Одним із способів вирішення зазначеної проблеми є застосування багатокритеріальної оптимізації, яка дозволяє оцінювати організаційно-логістичні рішення не за одним показником, а за системою взаємопов'язаних критеріїв. У дослідженнях К. Deb, С. А. Coello Coello та інших авторів обґрунтовано підходи до розв'язання задач багатокритеріальної оптимізації, формування Парето-ефективних рішень і підтримки прийняття рішень в умовах конфліктності критеріїв [13; 14]. Застосування багатокритеріального підходу до задач будівельного планування та організації будівельного майданчика також розглянуто у працях, присвячених оптимізації розміщення ресурсів, використанню BIM/GIS та вибору організаційно-технологічних рішень [15–17]. Для цивільного будівництва така постановка є особливо актуальною, оскільки скорочення тривалості робіт може супроводжуватися збільшенням витрат, підвищення надійності постачання – зростанням запасів, а мінімізація логістичних витрат – ризиком порушення строків виконання робіт.

Таким чином, проблему, яку фіксує дослідження, можна сформулювати так: у цивільному будівництві недостатньо формалізовано багатокритеріальні математичні моделі організаційно-логістичних процесів, які одночасно враховують строки виконання робіт, сукупні логістичні витрати, надійність забезпечення ресурсами, ресурсну збалансованість та реальні обмеження будівельного майданчика. Це обґрунтовує актуальність розроблення математичної моделі, здатної забезпечити формування допустимих компромісних організаційно-логістичних альтернатив для підтримки прийняття управлінських рішень [13; 14].

**Мета і завдання дослідження.** Метою дослідження є обґрунтування багатокритеріальної математичної моделі оптимізації організаційно-логістичних процесів у цивільному будівництві, яка забезпечує узгодження строків виконання робіт, сукупних логістичних витрат, надійності постачання та ресурсної збалансованості з урахуванням технологічних, ресурсних, просторових і логістичних обмежень будівельного майданчика.

Завдання дослідження полягають у визначенні особливостей організаційно-логістичних процесів цивільного будівництва як об'єкта математичного моделювання; формуванні системи основних параметрів і змінних моделі; обґрунтуванні критеріїв оптимізації, що характеризують тривалість виконання робіт, сукупні логістичні витрати, надійність забезпечення ресурсами та ресурсну збалансованість; формалізації системи обмежень, пов'язаних із технологічною послідовністю робіт, доступністю ресурсів, складською місткістю, пропускною здатністю логістичних вузлів і готовністю фронтів робіт; проведенні розрахункової апробації запропонованої моделі на основі порівняння традиційного та оптимізаційного сценаріїв; а також оцінюванні ефективності моделі за показниками тривалості, сукупних логістичних витрат, надійності забезпечення ресурсами та ресурсної збалансованості.

### **Матеріали та методи**

Методикою досліджень передбачено формування багатокритеріальної математичної моделі оптимізації організаційно-логістичних процесів у цивільному будівництві на основі системного аналізу, параметризації будівельної логістики та принципів багатокритеріальної оптимізації. Організаційно-логістичний процес розглянуто як систему взаємопов'язаних технологічних операцій, ресурсних потоків, постачальників, складських зон, логістичних вузлів і фронтів робіт, що функціонують в умовах часових, ресурсних, просторових і надійнісних обмежень [1; 3; 7; 12].

Інформаційною основою дослідження є параметри цивільного будівельного проєкту: перелік і тривалість робіт, технологічні залежності між операціями, потреба в матеріально-технічних і трудових ресурсах, умови постачання, часові вікна доставки, складська місткість будівельного майданчика, пропускна здатність логістичних вузлів та готовність фронтів робіт. Відповідно до положень організації будівельного виробництва, планування будівельних процесів має враховувати послідовність виконання робіт, ресурсне забезпечення та умови організації будівельного майданчика [6]. У дослідженнях з будівельної логістики та Lean Construction також підкреслюється необхідність узгодження матеріальних і виробничих потоків для зменшення витрат і підвищення надійності виконання робіт [7–12].

У процесі дослідження визначено систему вхідних параметрів, змінних рішення, цільових функцій та обмежень математичної моделі. Для оцінювання альтернативних організаційно-логістичних сценаріїв застосовано підхід багатокритеріальної оптимізації та принцип Парето-ефективності, що дозволяє формувати множину допустимих компромісних рішень з урахуванням конфліктності критеріїв часу, витрат, надійності та ресурсної збалансованості [13; 14].

Перевірку працездатності моделі виконано шляхом розрахункової апробації на основі даних цивільного будівельного об'єкта. Порівнювалися традиційний календарно-ресурсний сценарій та оптимізаційний організаційно-логістичний сценарій, сформований з урахуванням цільових функцій і системи обмежень. Для обох сценаріїв використовувалися однакові вихідні характеристики об'єкта, параметри робіт, ресурсні потреби та обмеження майданчика, а ефективність оцінювалася за показниками тривалості, логістичних витрат, надійності та ресурсної збалансованості.

### **Результати та обговорення**

На основі системного підходу до організації будівельного виробництва та положень будівельної логістики сформовано багатокритеріальну математичну модель оптимізації організаційно-логістичних процесів у цивільному будівництві. На відміну від традиційного календарно-ресурсного планування, запропонований підхід передбачає одночасне врахування технологічної послідовності робіт, потреби в ресурсах, умов постачання, складської місткості, пропускної здатності логістичних вузлів і готовності фронтів робіт. Така постановка відповідає сучасним підходам до розгляду будівельного проєкту як складної системи взаємопов'язаних організаційних, технологічних, ресурсних і логістичних процесів [1–4; 6].

Загальна логіка формування моделі передбачає послідовний перехід від вихідних даних будівельного проекту до системи параметрів, змінних рішення, цільових функцій, обмежень і множини допустимих організаційно-логістичних альтернатив. Структурну схему цього процесу наведено на рис. 1.



Рис. 1. Загальна схема формування багатокритеріальної математичної моделі оптимізації організаційно-логістичних процесів у цивільному будівництві

У межах запропонованої моделі організаційно-логістичне рішення розглядається як сукупність взаємопов'язаних управлінських параметрів, що визначають порядок виконання робіт, обсяги й моменти постачання ресурсів, використання складських зон, логістичних вузлів і доступних фронтів робіт, табл. 1. Такий підхід дозволяє оцінювати не лише календарну можливість виконання операцій, а й фактичну організаційно-логістичну готовність будівельного процесу до реалізації.

Таблиця 1. Основні групи параметрів багатокритеріальної організаційно-логістичної моделі

Група параметрів	Зміст параметрів	Практичне значення
Технологічні параметри	Перелік робіт, тривалість операцій, залежності між роботами	Забезпечують дотримання технологічної послідовності будівництва
Ресурсні параметри	Потреба в матеріальних, трудових і технічних ресурсах	Визначають можливість виконання робіт у конкретний період
Логістичні параметри	Постачальники, партії поставок, маршрути, часові вікна доставки	Характеризують умови забезпечення будівельного процесу ресурсами
Просторові параметри	Складські зони, під'їзні шляхи, логістичні вузли, фронти робіт	Відображають обмеження будівельного майданчика
Надійнісні параметри	Імовірність своєчасного постачання, ризик затримок, стабільність постачальників	Дозволяють оцінити стійкість організаційно-логістичного сценарію

Отримані у табл. 1 дані показують, що ефективність організаційно-логістичного рішення визначається не окремим параметром, а їх поєднанням. Наприклад, навіть за правильно сформованої технологічної послідовності робіт порушення умов постачання або перевищення складської місткості може призвести до простоїв, додаткових витрат і зниження ритмічності будівельного процесу. Це узгоджується з положеннями досліджень у сфері Lean Construction та управління ланцюгами постачання в будівництві, де підкреслюється важливість синхронізації виробничих і матеріальних потоків [7–12].

Для формалізації задачі визначено систему критеріїв оптимізації, що відображають ключові аспекти ефективності організаційно-логістичних процесів, табл. 2. До таких критеріїв віднесено тривалість виконання робіт, сукупні логістичні витрати, надійність забезпечення ресурсами та ресурсну збалансованість. Зазначені критерії мають частково

конфліктний характер, оскільки покращення одного з них може супроводжуватися погіршенням іншого. Наприклад, скорочення строків будівництва може потребувати збільшення інтенсивності постачання або залучення додаткових ресурсів, що впливає на витрати та навантаження на логістичні вузли.

Таблиця 2. Критерії оптимізації організаційно-логістичних процесів у цивільному будівництві

Критерій	Умове позначення	Напрямок оптимізації	Зміст критерію
Тривалість виконання робіт	$f_1(X)$	min	Скорочення загального строку реалізації будівельного проекту
Сукупні логістичні витрати	$f_2(X)$	min	Зменшення витрат на постачання, транспортування, складування та простої
Надійність забезпечення ресурсами	$f_3(X)$	max	Підвищення ймовірності своєчасного надходження ресурсів
Ресурсна збалансованість	$f_4(X)$	max	Забезпечення рівномірного та узгодженого використання ресурсів
Примітки. 1 – $X$ позначає організаційно-логістичне рішення, що включає параметри виконання робіт, постачання, складування та використання ресурсів. 2 – Напрямок оптимізації визначає бажану зміну критерію під час пошуку раціонального сценарію.			

Математична обробка структури задачі дозволила подати результати дослідження у вигляді системи цільових функцій (1) – (5), які описують основні напрями оптимізації організаційно-логістичного рішення. Узагальнено багатокритеріальна задача має вигляд:

$$F(X) = \{f_1(X), f_2(X), f_3(X), f_4(X)\} \rightarrow opt, \quad (1)$$

де  $X$  – організаційно-логістичне рішення;  $f_1(X)$  – тривалість виконання робіт;  $f_2(X)$  – сукупні логістичні витрати;  $f_3(X)$  – надійність забезпечення ресурсами;  $f_4(X)$  – ресурсна збалансованість.

Для окремих критеріїв напрями оптимізації можна подати так:

$$f_1(X) \rightarrow \min, \quad (2)$$

$$f_2(X) \rightarrow \min, \quad (3)$$

$$f_3(X) \rightarrow \max, \quad (4)$$

$$f_4(X) \rightarrow \max, \quad (5)$$

Формули (1)–(5) відображають багатокритеріальний характер задачі, у межах якої неможливо обмежитися пошуком одного найкращого показника. Така постановка відповідає підходам багатокритеріальної оптимізації та формування Парето-ефективних рішень, де раціональним вважається таке рішення, для якого неможливо покращити один критерій без погіршення хоча б одного іншого [13; 14].

Важливою складовою моделі є система обмежень, яка забезпечує практичну допустимість сформованих альтернатив, табл. 3. На відміну від спрощених оптимізаційних постановок, де основна увага приділяється лише строкам або витратам, запропонована модель враховує обмеження, що виникають безпосередньо в умовах будівельного майданчика.

Таблиця 3. Система обмежень багатокритеріальної організаційно-логістичної моделі

Тип обмеження	Зміст обмеження	Вплив на організаційно-логістичне рішення
Технологічні обмеження	Дотримання послідовності виконання робіт	Унеможливають порушення технології будівництва
Ресурсні обмеження	Відповідність потреби в ресурсах їх фактичній доступності	Запобігають дефіциту матеріалів, техніки та працівників
Складські обмеження	Неперевищення доступної місткості складських зон	Запобігають перевантаженню будівельного майданчика
Логістичні обмеження	Урахування пропускної здатності логістичних вузлів	Зменшують ризик черг, затримок і блокування потоків

Часові обмеження	Дотримання часових вікон доставки	Забезпечують синхронізацію постачання з графіком робіт
Обмеження готовності фронтів	Наявність технологічної, ресурсної, просторової та інформаційної готовності	Дозволяють включати до плану лише фактично готові операції

Дані табл. 3 показують, що система обмежень виконує функцію перевірки реалістичності організаційно-логістичного сценарію. Рішення, яке забезпечує мінімальну тривалість або найменші витрати, не може вважатися прийнятним, якщо воно порушує технологічну послідовність, перевищує складську місткість або не враховує готовність фронтів робіт. Тому в запропонованій моделі оптимізація поєднується з перевіркою допустимості альтернатив.

Для перевірки працездатності запропонованої моделі виконано розрахункову апробацію на основі даних цивільного будівельного об'єкта – двосекційного 14-поверхового житлового будинку у м. Запоріжжя. У межах випробування об'єкт подано в укрупненому вигляді як систему взаємопов'язаних будівельних робіт із заданими тривалостями, технологічними попередниками, ресурсними потребами, параметрами постачання та обмеженнями будівельного майданчика. Порівнювалися традиційний календарно-ресурсний сценарій та оптимізаційний організаційно-логістичний сценарій, сформований з урахуванням критеріїв тривалості, логістичних витрат, надійності постачання, ресурсної збалансованості та системи обмежень. Результати порівняння наведено в табл. 4.

Таблиця 4. Результати розрахункової апробації запропонованої моделі на основі порівняння традиційного та оптимізаційного сценаріїв

Показник	Традиційний сценарій	Оптимізаційний сценарій	Абсолютна зміна	Відносна зміна
Тривалість, дні	395,00	381,91	-13,09	-3,31 %
Логістичні витрати, грн	7 581 684,17	7 257 551,01	-324 133,16	-4,28 %

Надійність постачання	0,5100	0,8460	+0,3360	+65,88 %
Ресурсна збалансованість	0,8600	0,8815	+0,0215	+2,50 %

Отримані результати показують, що оптимізаційний сценарій забезпечив одночасне покращення всіх критеріїв: тривалість реалізації проекту скоротилася на 13,09 дня, логістичні витрати зменшилися на 324 133,16 грн, надійність постачання зросла з 0,5100 до 0,8460, а ресурсна збалансованість – з 0,8600 до 0,8815. Це підтверджує можливість використання запропонованої моделі для кількісного порівняння альтернативних організаційно-логістичних сценаріїв з урахуванням обмежень будівельного майданчика.

З урахуванням наведених критеріїв і обмежень результатом моделювання є не одне формально оптимальне рішення, а множина допустимих організаційно-логістичних альтернатив. Подальший вибір раціонального сценарію здійснюється з урахуванням пріоритетів конкретного будівельного проекту. Якщо ключовим пріоритетом є скорочення строків, перевага може бути надана альтернативі з мінімальною тривалістю. Якщо пріоритетом є стійкість постачання, більш доцільним може бути сценарій із вищим рівнем надійності, навіть за умови дещо більших логістичних витрат.

Таким чином, запропонована модель забезпечує перехід від однокритеріального календарно-ресурсного планування до багатокритеріального оцінювання організаційно-логістичних сценаріїв. Її використання дозволяє формалізувати взаємозв'язок між строками виконання робіт, логістичними витратами, надійністю постачання, ресурсною збалансованістю та обмеженнями будівельного майданчика. На відміну від суто концептуального опису моделі, виконана розрахункова апробація показала кількісне покращення основних показників ефективності, що підтверджує можливість практичного використання моделі для підтримки прийняття управлінських рішень під час планування, коригування та реалізації цивільних будівельних проектів.

### **Висновки**

Проведене дослідження показало, що організаційно-логістичні процеси цивільного будівництва доцільно розглядати як систему взаємопов'язаних робіт, ресурсних потоків, логістичних вузлів, складських зон і управлінських рішень. Такий підхід дає змогу перейти від

традиційного календарно-ресурсного планування до комплексного оцінювання організаційно-логістичних сценаріїв з урахуванням реальних обмежень будівельного майданчика.

У роботі обґрунтовано багатокритеріальну математичну модель, у якій основними критеріями визначено тривалість виконання робіт, сукупні логістичні витрати, надійність забезпечення ресурсами та ресурсну збалансованість. Модель враховує технологічну послідовність робіт, доступність ресурсів, складську місткість, пропускну здатність логістичних вузлів, часові вікна доставки та готовність фронтів робіт, що дозволяє відокремлювати практично допустимі рішення від формально оптимальних, але нерезалізованих сценаріїв.

Розрахункова апробація підтвердила працездатність моделі: порівняно з традиційним календарно-ресурсним сценарієм отримано скорочення тривалості реалізації проєкту на 13,09 дня, зниження сукупних логістичних витрат на 324 133,16 грн, підвищення надійності забезпечення ресурсами на 0,3360 та покращення ресурсної збалансованості на 0,0215. Це свідчить про можливість використання моделі для кількісного порівняння альтернативних сценаріїв і підтримки управлінських рішень у цивільному будівництві.

#### **Конфлікти інтересів**

Автор заявляє, що у нього немає конфлікту інтересів щодо поточного дослідження, включаючи фінансовий, особистий, авторський чи будь-який інший, який міг би вплинути на дослідження, а також на результати, наведені в цьому документі.

#### **Фінансування**

Дослідження проводилося без фінансової підтримки.

#### **Доступність даних**

Усі дані доступні в цифровій або графічній формі в основному тексті статті.

#### **Використання штучного інтелекту**

Автор підтверджує, що при створенні поточної роботи він не використовував технології штучного інтелекту.

#### **References**

1. Anin, V. I., Fostashchenko, D. O. (2025). Improving the efficiency of organizational and technological solutions in infrastructure construction through the implementation of a systems approach. *Modern Technologies and Methods of Calculations in Construction*, 24, 52–62. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-14\(24\)-04](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-14(24)-04)
2. Banakh, A. V., Arutiunian, I. A., Arutiunian, Ye. Ye. (2020). Methodology for optimizing construction production in dense development conditions. *Bridges and*

*Tunnels: Theory, Research, Practice*, 17, 6–12. URL: <http://btrtp.diit.edu.ua/article/view/204997/204887>

3. Pavlov, I. D., Poltavets, M. O., Pavlov, F. I. (2020). System management of organizational and technological reliability of production processes in construction. *Bridges and Tunnels: Theory, Research, Practice*, 17, 53–61. <https://doi.org/10.15802/btrtp2020/205011>

4. Radkevych, A. V., Arutiunian, I. A., Dankevych, N. O., Saikov, D. V. (2017). Determination of conceptual approaches to the obligatoriness of implementing optimization models of construction production for domestic contracting enterprises. *Bridges and Tunnels: Theory, Research, Practice*, 12, 78–86. URL: <http://btrtp.diit.edu.ua/article/view/117398>

5. Tugai, A. A., Samaha, T. (2022). Determination of the impact of the load on buildings for the subsequent optimal choice of the organizational and technological solution of the construction project. *Ways to Improve Construction Efficiency*, 50(1), 93–101. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2022.50\(1\)](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2022.50(1))

6. DBN A.3.1-5:2016. Organization of construction production. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2016. 46 p.

7. Koskela, L. (1992). *Application of the New Production Philosophy to Construction*. Stanford: Stanford University. 81 p.

8. Ballard, G. (2000). *The Last Planner System of Production Control*: PhD thesis. Birmingham: University of Birmingham. 192 p.

9. Vrijhoef, R., Koskela, L. (2000). The four roles of supply chain management in construction. *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 6(3–4), 169–178. [https://doi.org/10.1016/S0969-7012\(00\)00013-7](https://doi.org/10.1016/S0969-7012(00)00013-7)

10. Sacks, R., Koskela, L., Dave, B. A., Owen, R. (2010). Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(9), 968–980. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000203](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000203)

11. Mossman, A. (2007). Lean logistics: helping to create value by bringing people, information, plant, equipment and materials together at the workplace. *Proceedings of the 15th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 198–211. URL: <https://iglc.net/papers/details/472>

12. Rehman, M. A. U., Chaabane, A., Khan, S. A. (2021). Review of construction supply chain optimization papers for performance improvement. *Proceedings of the 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 974–984. <https://doi.org/10.24928/2021/0132>

13. Deb, K., Pratap, A., Agarwal, S., Meyarivan, T. (2002). A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 6(2), 182–197. <https://doi.org/10.1109/4235.996017>

14. Coello Coello, C. A., Lamont, G. B., Van Veldhuizen, D. A. (2007). *Evolutionary Algorithms for Solving Multi-Objective Problems*. 2nd ed. New York: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-36797-2>

15. Papadaki, I. N., Chassiakos, A. P. (2016). Multi-objective construction site layout planning using genetic algorithms. *Procedia Engineering*, 164, 20–27. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.587>

16. Zavari, M., Shahhosseini, V., Ardeshir, A., Sebt, M. H. (2022). Multi-objective optimization of dynamic construction site layout using BIM and GIS. *Journal of Building Engineering*, 52, 104518. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.104518>
17. El-Rayes, K., Kandil, A. (2005). Time-cost-quality trade-off analysis for highway construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 131(4), 477–486. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2005\)131:4\(477\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2005)131:4(477))

### Література

1. Анін, В. І., Фостащенко, Д. О. (2025). Підвищення ефективності організаційно-технологічних рішень в інфраструктурному будівництві шляхом впровадження системного підходу. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 24, 52–62. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-14\(24\)-04](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-14(24)-04)
2. Банах, А. В., Арутюнян, І. А., Арутюнян, Є. Є. (2020). Методологія оптимізації будівельного виробництва в умовах щільної забудови. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*, 17, 6–12. URL: <http://btrtp.diit.edu.ua/article/view/204997/204887>
3. Павлов, І. Д., Полтавець, М. О., Павлов, Ф. І. (2020). Системне управління організаційно-технологічною надійністю виробничих процесів у будівництві. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*, 17, 53–61. <https://doi.org/10.15802/btrtp2020/205011>
4. Радкевич, А. В., Арутюнян, І. А., Данкевич, Н. О., Сайков, Д. В. (2017). Детермінація концептуальних підходів щодо облігаторності впровадження оптимізаційних моделей будівельного виробництва для вітчизняних підрядних підприємств. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*, 12, 78–86. URL: <http://btrtp.diit.edu.ua/article/view/117398>
5. Tugai, A. A., Samaha, T. (2022). Determination of the impact of the load on buildings for the subsequent optimal choice of the organizational and technological solution of the construction project. *Ways to Improve Construction Efficiency*, 50(1), 93–101. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2022.50\(1\)](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2022.50(1))
6. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. Київ: Мінрегіон України, 2016. 46 с.
7. Koskela, L. (1992). Application of the New Production Philosophy to Construction. Stanford: Stanford University. 81 p.
8. Ballard, G. (2000). The Last Planner System of Production Control: PhD thesis. Birmingham: University of Birmingham. 192 p.
9. Vrijhoef, R., Koskela, L. (2000). The four roles of supply chain management in construction. *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 6(3–4), 169–178. [https://doi.org/10.1016/S0969-7012\(00\)00013-7](https://doi.org/10.1016/S0969-7012(00)00013-7)
10. Sacks, R., Koskela, L., Dave, B. A., Owen, R. (2010). Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(9), 968–980. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000203](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000203)
11. Mossman, A. (2007). Lean logistics: helping to create value by bringing people, information, plant, equipment and materials together at the workplace. *Proceedings of the 15th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 198–211. URL: <https://iglc.net/papers/details/472>

12. Rehman, M. A. U., Chaabane, A., Khan, S. A. (2021). Review of construction supply chain optimization papers for performance improvement. *Proceedings of the 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 974–984. <https://doi.org/10.24928/2021/0132>
13. Deb, K., Pratap, A., Agarwal, S., Meyarivan, T. (2002). A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 6(2), 182–197. <https://doi.org/10.1109/4235.996017>
14. Coello Coello, C. A., Lamont, G. B., Van Veldhuizen, D. A. (2007). *Evolutionary Algorithms for Solving Multi-Objective Problems*. 2nd ed. New York: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-36797-2>
15. Papadaki, I. N., Chassiakos, A. P. (2016). Multi-objective construction site layout planning using genetic algorithms. *Procedia Engineering*, 164, 20–27. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.587>
16. Zavari, M., Shahhosseini, V., Ardeshir, A., Sebt, M. H. (2022). Multi-objective optimization of dynamic construction site layout using BIM and GIS. *Journal of Building Engineering*, 52, 104518. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.104518>
17. El-Rayes, K., Kandil, A. (2005). Time-cost-quality trade-off analysis for highway construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 131(4), 477–486. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2005\)131:4\(477\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2005)131:4(477))

Відомості про статтю:	Article information:
Отримано 05.05.2026	Received 05.05.2026
Отримано у доопрацьованому вигляді 15.05.2026	Received in revised form 15.05.2026
Прийнято 27.05.2026	Accepted 27.05.2026
Опубліковано 29.05.2026	Published 29.05.2026

## O. S. Kovalenko\*

4th year postgraduate student, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2224-4174>  
Department of Industrial and Civil Engineering  
Zaporizhzhia National University, 226 Sobornyi ave., Zaporizhzhia, Ukraine, 69006

\*corresponding author, e-mail: [22bendera.s@gmail.com](mailto:22bendera.s@gmail.com)

## Multi-criteria mathematical model for optimizing organizational and logistics processes in civil construction

How to Cite:

Kovalenko, O. S. (2026). Multi-criteria mathematical model for optimizing organizational and logistics processes in civil construction. *Modern Technologies and Methods of Calculations in Construction*, 25, 124–139. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2026-15\(25\)-10](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2026-15(25)-10)

*Abstract. The article examines the problem of improving the efficiency of organizational and logistics processes in civil construction based on multi-criteria mathematical modeling. It is determined that traditional approaches to schedule-and-resource planning do not always ensure coordination between work execution timelines, resource needs, supply capabilities, storage capacity, and the throughput capacity of logistics nodes. This necessitates the development of a model capable of simultaneously*

*taking into account the time, cost, resource, spatial, and reliability parameters of the construction process.*

*The aim of the study is to substantiate a multi-criteria mathematical model for optimizing organizational and logistics processes in civil construction, which provides formalized coordination of work duration, total logistics costs, resource supply reliability, and resource balance. The methodological basis of the study consists of the principles of systems analysis, parameterization of construction logistics, structural-functional modeling, and multi-criteria optimization.*

*The paper proposes the structure of a mathematical model that includes a system of input parameters, decision variables, objective functions, and constraints. The main optimization criteria are defined as minimizing work duration, minimizing total logistics costs, maximizing resource supply reliability, and improving resource balance. The model takes into account technological dependencies between works, resource needs, delivery time windows, storage capacity limitations, the throughput capacity of logistics nodes, and the readiness of work fronts.*

*Computational testing of the proposed model was performed by comparing a traditional schedule-and-resource scenario with an optimized organizational and logistics scenario. The obtained results showed a reduction in project implementation duration from 395 to 381.91 days, a decrease in total logistics costs from UAH 7,581,684.17 to UAH 7,257,551.01, an increase in resource supply reliability from 0.51 to 0.8460, and an improvement in resource balance from 0.86 to 0.8815.*

*The practical significance of the proposed approach lies in the possibility of forming a set of feasible compromise organizational and logistics alternatives that can be used to support managerial decision-making during the planning, adjustment, and implementation of civil construction projects.*

*Keywords: civil engineering, organizational and logistics processes, multi-criteria optimization, construction logistics, Pareto-efficient solutions.*