Никифорук Михайло Станіславович,студент

Київський національний університет будівництва та архітектури, Київ

ORCID: 0009-0008-8823-6056

**АПРОКСИМАЦІЯ ДИНАМІКИ РЕАЛІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬНОГО ПРОЕКТУ**

Освоєння ресурсів будівельного проекту та витрат часу потребує удосконалення та пошук найбільш доцільних та оптимальних методів їх використання. Необхідно визначати основні вхідні дані, від яких залежать матеріальні витрати та строки виконання будівельних робіт. BIM-технологія (інформаційне моделювання будівель) – це моделювання будівельних об'єктів, їх характеристик на всіх стадіях виробництва та життєзабезпечення будівель, збирання даних, проектні роботи, будівництво, оснащення, експлуатацію, ремонтні роботи та знесення. Технологія BIM визначає загальну структуру завдань будівництва на основі інформаційного моделювання. Завдання формування та обгрунтування топологічної структури, виражена в різного виду кресленнях, які в електронному втіленні є геометричною моделлю. природу, які, тим часом, потрібно поєднувати в єдину обчислювальну модель, а тому повинні задовольняти певні вимоги. Агрегування в рамках дослідженої інформаційної моделі будівельних споруд та конструкцій у рамках загальної структури та життєвого циклу об'єкта будівництва дозволить автоматизувати побудови безлічі вихідних даних під вирішення прикладних завдань, аналізу їх обумовленості, синтезувати РБД та структури інформаційної платформи предметної галузі. Використання інформаційних технологій моделювання, BIM- технологій призводить до зниження ризиків, ймовірності їх настання за рахунок прогнозування та детального опрацювання об'єкта будівництва.

Вимоги щодо вибору технологій зведення будівель повинні враховувати необхідність розпаралелювання вирішення завдань та виконання будівельних процесів. Паралельний метод передбачає одночасне виконання будівельних процесів. Загальна тривалість виконання кількох процесів будівництва передбачає зростання інтенсивності споживання ресурсів. Вся технологія будівництва представляється як сукупність множини наборів дій, спрямованих на вирішення підзавдань. Набори дій однієї множини допускають одночасне та незалежне виконання. Ряд технологій розпаралелювання, наприклад, на основі мережі Петрі як моделі поведінки, використовує граф потоку даних та граф потоку управління – у сукупності граф потоку управління даними, при синтезі паралельних планів і реалізацій представлений як спрямований орієнтований ациклічний мультиграф для якого існує єдина канонічна паралельна форма. Профіль критичного шляху — це список процедур паралельної програми та тимчасовий внесок кожної процедури до загального критичного шляху. Критичний шлях оцінюється динамічно на виконавчому графі потоку даних, одержуваному в результаті часткового виконання поведінкового опису на вхідних даних, типових для технології, що розпаровується, будівництва. Завдання прийняття оптимальних рішень у тому числі вибору оптимальних параметрів проектованих процесів можуть бути зведені і вирішення складних завдань глобальної багатоекстремальної оптимізації при якому під час проведення глобального пошуку здійснюється локальне налаштування на поведінку цільової функції та обмежень у різних зонах області визначення. Основна складність при проектуванні паралельної реалізації технології будівництва – забезпечити правильну послідовність взаємодій між різними процесами, а також координацію ресурсів, що поділяються між процесами. Розпаралелювання здійснюється на рівні завдань будівництва, окремих будівельних процедур, паралелізму на рівні інструкцій - є потік виконуваних інструкцій. Організація будівництва як процес передбачає технологію процесу будівництва та управління процесом будівництва, що дозволяє визначити сумарний бюджет, а також мінімізувати витрати та час на будівництво. Методи будівництва - послідовний і паралельний, а також потоковий метод - поєднує переваги послідовного та паралельного методів та виключає їх недоліки. Суть методу полягає у поділі виробничого процесу на складові ділянки та суміщенні виконання складових так, щоб однорідні процеси (види робіт) виконувались по ділянках послідовно, а різнорідні паралельно. За складністю виробництва процеси поділяються на прості (робітники, сукупність технологічно пов'язаних робочих операцій - технологічно однорідний та організаційно неподільний елемент будівельного процесу, що виконуються одним і тим же складом робочих та технічних засобів) та складні (комплексні, сукупність простих технологічно та організаційно пов'язаних процесів, об'єднаних єдністю продукції). Роботи поділяються за видом матеріалу, що переробляється (до амінні, земляні, бетонні) або виду конструктивних елементів (пальові, покрівельні, оздоблювальні). Ці та подібні до них роботи прийнято називати загально будівельними.

Залежно від ролі процесів у створенні будівельної продукції вони поділяються на заготівельні, транспортні, допоміжні та основні.

Управління процесом будівництва здійснюється на основі календарних планів та мережевих графіків, мережевих графіків (метод PERT, метод критичного шляху. Метод критичного шляху використовується для оцінки термінів завершення всього проекту або груп взаємопов'язаних завдань, а метод PERT застосовують для оцінки тривалості окремих завдань), діаграм Ганта (Створення комплексного проекту та управління ним), каскадні моделі та Agile-планування.

**ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ**: побудова апроксимації динаміки реалізації будівельного проекту з метою адаптивного управління технологією будівництва у процесі її реалізації. При цьому динаміка реалізації будівельного проекту мається на увазі, як динаміка міри частки реалізованого будівельного проекту як функції у векторному просторі (об'єкт будівництва згідно з генпланом, об'єкт будівництва, час).

У технології BIM як ядро інформаційної моделі ефективно використовуються такі поняття як:

* + будівельний проект;
	+ об'єкт будівництва;
	+ суб'єкт будівництва;
	+ конструктивним елементам;
	+ будівельна конструкція;
	+ вид будівельних робіт - сукупність трудових процесів, спрямованих на створення окремих елементів об'єкта, що будується;
	+ спорудження;
	+ типові будівельні конструкції, вироби, вузли;
	+ вид будівельних робіт;
	+ черга будівництва;
	+ проект виконання робіт;
	+ забезпечення будівництва обладнанням, виробами та матеріалами;
	+ етап робіт із будівництва;
	+ робочий проект;

• проект організації будівництва.

До факторного простору процесу будівництва віднесемо:

1. Базові чинники моделі будівництва.
	1. Проект будівництва об'єкта.
		1. Цілі будівництва.
		2. Етапність будівництва.
		3. Терміни будівництва на кожному етапі.
		4. Технічні рішення щодо будівництва.
	2. Будівельний майданчик (СП) під.
	3. Сумежні до СП будівлі та споруди.
	4. Термін будівництва.
		1. Прогнозований часовий інтервал будівництва.
		2. Директивний часовий інтервал будівництва.
		3. Прив'язані часові етапи будівництва.
2. Чинники визначальні процедури будівництва.
	1. Суб'єкт будівництва (СС).
		1. Структура та кваліфікація наявного персоналу.
		2. Технічна озброєність щодо проекту.
		3. Гудвілл.
	2. Будівельна техніка (КМС) щодо проекту.
		1. Власні, орендовані, лізингові КТЗ.
		2. Працездатність КТЗ на весь період будівництва.
	3. Будівельні конструкції щодо проекту.
		1. Власні, орендовані, лізингові СК.
		2. Роботопридатність СК на весь період будівництва.
	4. Прилади геодезії щодо проекту.
		1. Власні, орендовані, лізингові ПГ на період будівництва.
		2. Працездатність ПГ на весь період будівництва.
3. Чинники, що визначають реалізацію процедур будівництва.
	1. Будівельні матеріали та конструкції (МіК).
		1. МіК будіндустрії (покупні).
		2. МіК вироблені під час будівництва.
		3. Застосовність - замінність МіК.
	2. Ресурсозабезпеченість робіт будівництва.
	3. Логістика поставок та постачання МіК.
4. Чинники забезпеченості будівництва.

Для виконання робіт та окремих операцій плану реалізації проекту потрібні різноманітні ресурси:

– невідтворювані, складовані та накопичувані;

– відтворювані, нескладні та ненакопичувані.

1. сукупність обмежень будівництва.

5.1. НДІ, ДБН, регламенти.

5.2. Додаткові обмеження замовника.

5.3. Інноваційні обмеження.

Жодна стратегія чи технологія не є універсальною для будівництва. У конкретний момент існує необхідність найбільш оптимального способу організації будівельного процесу, пошук найкращого варіанта рішення відповідно до прийнятого критерію оптимальності. Об'єкт буде приблизно відповідати проекту будівлі, що будується.

Допустимі зміни величини факторів у процесі будівництва будівель:

1. Проект будівництва.
2. Суб'єкт будівництва.
3. Логістика будівництва.
4. Застосовність-замінність МіК.
5. Бюджет будівництва.
6. Дисципліна фінансування будівництва.
7. Строк введення в експлуатацію.
8. Доступність МТР будівництва.
9. КТЗ будівництва.
10. Параметри будмайданчика будівництва.
11. Інноваційні базові технології будівництва.
12. Технічні аварії у процесі будівництва.
13. Аварії на суміжних об'єктах будівництва
14. Форс-мажори будівництва.

Природа формування масиву невідповідностей полягає у:

- похибки виконання будівельно-монтажних робіт;

- похибки усадки та опади елементів та споруд загалом;

- Проектні помилки;

- технологічних допусків та відхилень;

-помилок вимірів;

- випадкові, систематичні чи накопичувальні;

- з зміни у вимогах замовника.

На будь-який момент t будівництва відомі:

1. Протікають процеси P1(t);
2. Процеси, які мають протікати згідно з генпланом P2(t);
3. Завершені процеси згідно з генпланом P3(t);
4. Завершені процеси P4(t);
5. Процеси, що мали і не почалися відповідно до генплану P5(t);
6. Зупинені процеси P6(t);
7. Зупинені процеси поза узгодженням з генпланом P7(t).

P10(t) - P10(t) ті самі процеси згідно з генпланом.

Тоді max (mod (Pi (t) - Pi0 (t)) / Pi0 (t)) відхилення динаміки реалізації будівельного проекту від планової, а впорядковане безліч {Pi (t) - Pi0 (t)) / Pi0 (t)} траєкторія динаміки реалізації будівельного проекту.

Вибір методу Калмана для апроксимації динаміки реалізації будівельного проекту обгрунтовується впливом зовнішніх факторів з врахуванням поточної ситуації.

**Література**

1. Riscs of investitional-construction projects [Elektronnyi resurs] – Rezhym dostupu: <http://www.csrnw.ru/files/publications/file_content_1379.pdf>
2. Rybak, A.I., & Azarova, I.B. (2014). Analisys of riscs of building projects in the sphere of residential building. Visnyk NTU «KhPI». Kharkiv: NTU «KhPI», 3(1046), 3-7.
3. Новітні ВІМ-технології у будівництві: навіщо вони потрібні в Україні. URL: https://legalhub.online/budivnytstvo/ novitni-vim-tehnologiyi-ubudivnytstvi-navishho-vony-potribni-ukrayini/.