МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ В. Н. КАРАЗІНА
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ КОМП'ЮТЕРНОЇ ФІЗИКИ ТА ЕНЕРГЕТИКИ
Кафедра інформаційних технологій в фізико-енергетичних системах

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи
за освітньо-кваліфікаційним рівнем магістр

«Генеративний дизайн у фізико-енергетичних системах»

Виконав: студент 2 курсу, групи НФ-63
Веселов О. А.
спеціальність:
105 Прикладна фізика та наноматеріали
освітня програма: Прикладна фізика енергетичних систем
Керівник: ст.викл. Немченко Є. К.

Рецензент:

Харків – 2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна

Навчально-науковий інститут комп'ютерної фізики та енергетики
Кафедра інформаційних технологій у фізико-енергетичних системах
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) бакалавр
Спеціальність 105 Прикладна фізика та наноматеріали

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Руслан СУХОВ
підпис
"____"_____2021 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ)

Веселов Олексій Андрійович

1. Тема роботи «Генеративний дизайн у фізико-енергетичних системах» керівник роботи: Нємченко Єгор Костянтинович, кандидат фізико-математичних наук.
затверджено наказом по університету від "06" листопада 2021 року №0210–05/2147.
2. Строк подання студентом роботи 25.11.2021
3. Перелік питань, які потрібно розробити:

1) зробити огляд літератури, теоретичних та числових методів використання методів генеративного дизайну в фізиці та енергетиці;

2) провести дослідження використання штучного інтелекту в задачах конструювання та дизайну;

3) обрати найкращий алгоритм використання методів штучного інтелекту в задачах генеративного дизайну;

4) провести обчислювальний експеримент використання генеративного дизайну для задач енергоефективності.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Вибір теми.
2	Затвердження теми на кафедрі
3	Робота над літературою та іншими джерелами
4	Написання вступу до роботи та першого розділу
5	Написання другого розділу
6	Написання третього розділу
7	Завершення написання дипломної роботи (висновки та література)
8	Подача науковому керівнику
9	Відгук, рецензія, підготовка до захисту
10	Попередній захист
11	Захист

5.Дата видачі завдання

Студент _____ **О.А. ВЕСЕЛОВ**
підпис

Керівник роботи _____ **Є.К. НЄМЧЕНКО**
підпис

РЕФЕРАТ

Олексій Веселов «Генеративний дизайн у фізико-енергетичних системах» Кваліфікаційна робота магістра з прикладної фізики. – Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2021. – 62 с.

Магістерська робота виконана студентом Веселовим Олексієм Андрійовичем на тему: «Генеративний дизайн у фізико-енергетичних системах».

Об’єктом дослідження дипломної роботи є використання генеративного дизайну та генетичних алгоритмів при проектуванні енергоефективних будівель.

Предметом дослідження є вивчення програмного забезпечення для проектування енергоефективних будівель.

Метою даної роботи є проектування будівлі з максимальною кількістю природного освітлення, зберігаючи при цьому площу вікон якнайменше, щоб мінімізувати витрати на опалення та охолодження.

В ході виконання дипломної роботи за допомогою плагіну Dynamo був розроблений додаток для програми Revit, який дозволяє аналізувати кількість освітлення у проектній будівлі.

Дипломний проект містить 62 сторінки, 22 рисунків, 15 джерел, 1 таблиця.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ГЕНЕРАТИВНИЙ ДИЗАЙН, ГЕНЕТИЧНИЙ АЛГОРИТМ, ЕНЕРГОЕФЕТИВНІСТЬ, ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ, ОСВІТЛЕННЯ, ТЕПЛОПЕРЕДАЧА.

РЕФЕРАТ

Алексей Веселов «Генеративный дизайн в физико-энергетических системах» Квалификационная работа магистра прикладной физики. – Х.: ХНУ имени В. Н. Каразина, 2021. – 62 с.

Магистерская работа выполнена студентом Веселовым Алексеем Андреевичем на тему: «Генеративный дизайн в физико-энергетических системах».

Объектом исследования дипломной работы есть использование генеративного дизайна и генетических алгоритмов при проектировании энергоэффективных зданий.

Предметом исследования является изучение программного обеспечения для проектирования энергоэффективных зданий.

Целью данной работы является проектирование здания с максимальным количеством естественного освещения, сохраняя при этом площадь окон как минимум для того, чтобы минимизировать затраты на отопление и охлаждение.

В ходе выполнения дипломной работы с помощью плагина Dynamo было разработано приложение для программы Revit, позволяющее анализировать количество освещений в проектном здании.

Дипломный проект содержит 62 страницы, 22 рисунка, 15 источников, 1 таблица.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ГЕНЕРАТИВНЫЙ ДИЗАЙН, ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ, ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ, ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ, ОСВЕЩЕНИЕ, ТЕПЛОПЕРЕДАЧА.

ABSTRACT

Oleksii Veselov “Generative design in physics and energy systems”
Qualification work of the master of applied physics. – Kharkiv. – V.N. Karazin KhNU, 2021. – 62 p.

The master’s work was done by student Veselov Oleksii on the topic: "Generative design in physics and energy systems ".

The object of research of the thesis is the use of generative design and genetic algorithms in the design of energy efficient buildings.

The subject of the study is a is the study of software for the design of energy efficient buildings.

The purpose of the work is to design a building with as much natural light as possible, while maintaining window area at least in order to minimize heating and cooling costs.

In the course of the thesis using the Dynamo plug-in, an application was developed for the Revit program, which allows you to analyze the amount of lighting in a project building.

The graduation project contains 62 pages, 22 drawings, 15 sources, 1 table.

KEYWORDS: GENERATIVE DESIGN, GENETIC ALGORITHM, ENERGY EFFICIENCY, ARTIFICIAL INTELLIGENCE, LIGHTING, HEAT TRANSFER.

ЗМІСТ

ВСТУП....8
1. АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ....11
1.1. Введення в генеративний дизайн....11
1.2. Обробка даних для проектування у генеративному дизайні....15
1.3. Генетичний алгоритм та самостійний штучний інтелект....18
1.4. Дослідження генерацій штучного інтелекту....22
1.5. Генетичні алгоритми....23
1.6. Штучний інтелект у енергетичному секторі....26
1.7. На шляху до розумного енергетичного сектору....34
1.8. Моделі з підтримкою ШІ в з низьким рівнем доходу....37
1.9. Застосування штучного інтелекту в енергетичному секторі....37
2. ГЕНЕРАТИВНЕ ПРОЕКТУВАННЯ....42
2.1. Інформаційне моделювання будівель....42
2.2. Чотири основних блоки моделювання....43
2.3. Програмне забезпечення для проектування енергоефективних будівель....44
3. ПРОЕКТУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕТИВНИХ БУДІВЕЛЬ....48
3.1. Енергоефективність....48
3.2. Енергоефективні будівлі для країн другого та третього світу....50
3.3. Аналіз отриманих результатів за допомогою програмного забезпечення для проектування енергоефективних будівель....52
ВИСНОВКИ....59
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ....61

ВСТУП

Темою для роботи було обрано генеративний дизайн у фізико-енергетичних системах. Задачі, які тісно пов’язані з вивченням конструювання у енергетиці, є майже у всіх областях промисловості, будівництві. Технології розвиваються, науковці та проектувальники безперервно вдосконалюють свої навички в конструюванні потрібних деталей для більшої частини речей які ми зустрічаємо кожен день, та борються з проблемами ваги, міцності, розташування ребр жорсткості, енергоємності, теплопередачі, втрат та інше. Особливо у час адитивного моделювання, коли кожен може побудувати собі те що він хоче в тій або іншій галузі. На даний час у мирі найбільшу популярність обертає нова технологія дизайну, яка називається генеративним дизайном, основою якої є штучний інтелект або алгоритм, за допомогою якого дизайнер або конструкторник чи інженер має велику змогу не турбуватися о багатьох факторів впливаючих на конструкцію побудованих моделей. Генетичні алгоритми також можуть бути корисними в енергоефективному проектуванні будівель, ці програми ще не повністю розроблені та їх важко використовувати без глибоких базових знань і вільного володіння язиків програмування через проблеми, пов’язані з несумісністю між версіями програмного забезпечення. Та на сьогоднішній день ця область аналізу штучного інтелекту недостатньо розвинена для того, щоб інженер міг довіряти йому повністю, щоб це зробити, цими технологіями треба безперервно користуватися, тому що у штучному інтелекті закладена в основі програма самонавчання, через більшу величезну спроб та помилок. Технологія генеративного дизайну може бути застосовна майже на будь яку деталь, треба лише побудувати її 3D модель у спеціальному програмному забезпеченні, незважаючи на їх походження, після обрати області моделі які мають остатись неторкнутими та використати технологію генеративного дизайну. Після цього експортувати у формат адитивного дизайну та завантажити у 3D принтер, роздрукувати. Ще 1977 року В. Мітчелл у своїй книзі «Комп'ютерний дизайн»,

передбачив, що комп'ютерні технології радикально перетворять виробничу і не лише практику, але ці технології по справжньому почались з’являтися у 2018 році. Для використання цієї технології все ще треба розв’язувати задачі обробки даних, та необхідні розуміння механізму управління даними не тільки у дизайну або конструюванні, а ще і у енергетиці, матеріалах із яких буде деталь та інше.

Щоб зрозуміти **актуальність** цієї технології будування, проектування та інженерії треба зрозуміти об’єм робіт класичних процесів побудови моделі, та у відмінності з генеративним підходом, інженер наділяє штучну машину роллю співавтора, та сам чоловік лише залишає за собою право зміняти параметри у створеної їм системі. Але оскільки генерація моделей штучного інтелекту не є волею інженера, а лише алгоритмом на нейромережовому рівні. Тому ця технологія є лише інструментом для створення новітніх якісний моделей у нашому майбутньому. Основою генеративного дизайну є метод генетичного алгоритму, який у свою чергу є пошуковим алгоритмом, що нагадує біологічну еволюцію вирішувати найтяжкі задачі сьогодення. Завдяки новітньому програмному забезпеченню ми можемо побудувати моделі які будуть вирішувати сучасні проблеми в фізико-енергетичних системах та демонструвати їх якісну та дешеву побудову у виді аналізу введених параметрів інженером у програму тих або інших моделей у різноманітних системах. Усі отриманні результати генеративного дизайну треба проаналізувати з метою виявлення які з моделей можуть є найкращими для застосування їх у нашому житті, тобто являються не тільки дешевими, унікальними, а і енергетично ефективними без втрати функціональної частини.

Тому **метою** даної роботи є вивчення програмного забезпечення проектування будівлі з максимальною кількістю природного освітлення, зберігаючи при цьому площу вікон якнайменше, щоб мінімізувати витрати на опалення та охолодження та проведення аналізу отриманих результатів.

Об’єкт дослідження – використання генеративного дизайну та генетичних алгоритмів при проектуванні енергоефективних будівель.

Предмет дослідження – вивчення програмного забезпечення для проектування енергоефективних будівель

Структура і обсяг роботи. Магістерська робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків та списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи становить 62 сторінки, із них основного тексту 50 сторінки, 22 рисунки за текстом, список використаних джерел із 15 найменувань на 2 сторінках.

1. АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1. Введення в генеративний дизайн

Сьогодні велика кількість обчислення є важливим посередником для інтеграції аналізів та обмежень матеріалізації у процеси проектування. у фізиці, математиці, біології та в багатьох інших. Дослідження в цій галузі наголосили на цифровій наступності та відповідності між різними аспектами промислового проекту. С давніх часів людина покращила свої вміння у конструюванні, роблячи проекті дедалі легшими та ефективнішими. На це вплинуло багато факторів: матеріал, вага, міцність конструкцій. Давайте розглянемо декілька прикладів проектів із сучасними проблемами без обліку матеріалу, масивних форм, економії при конструюванні. Для вирішення цієї проблеми інженери скористались таким поняттям як тектоніки. Тектоніки – це відображення у формі її конструктивного початку. Вона показує, наскільки об'єкт надійний, стійкий, здатний протистояти впливу зовнішніх навантажень. А також вираз зв'язку форми та змісту виробу, результат образної взаємодії фізико-механічних властивостей матеріалів та конструкцій: міцності, стійкості, розподілу та погашення зусиль. На сьогоднішній день, процес прорахунку конструкційної міцності та надійності, є застарілою моделлю. Промислові дизайнери займаються посиленням конструкції розроблюваних ним корпусів приладів інтуїтивному рівні, тобто на око встановлюють ребра жорсткості довільною сіткою, а потім здійснюють перевірку програмним інструментом.

Розглянемо декілька простих прикладів проблемного дизайну у промисловості:

Приклад 1.

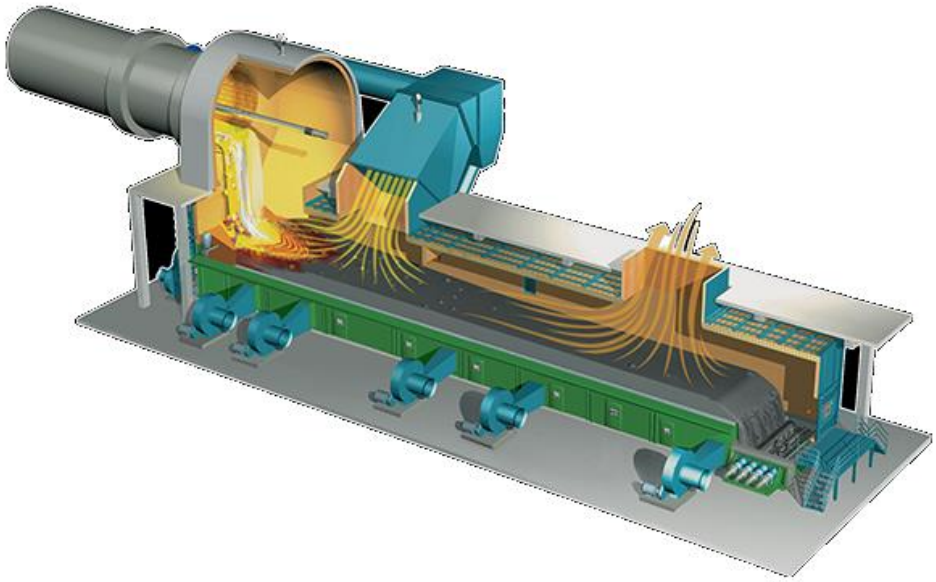


Рис. 1.1. Машина з охолодження клінкеру

Можна побачити, що виробники промислового обладнання великих масштабів мають дуже багато проблем с великими деталями, що мають велику вагу, та конструювання однієї з багатьох деталей витрачаю забагато ресурсу, що не є економним. Рішення було дуже легким, вже готові 3D конструкції цієї машини були перероблені за допомогою генеративного дизайну. Ось що вдалося отримати інженерам за допомогою новітньої технології:

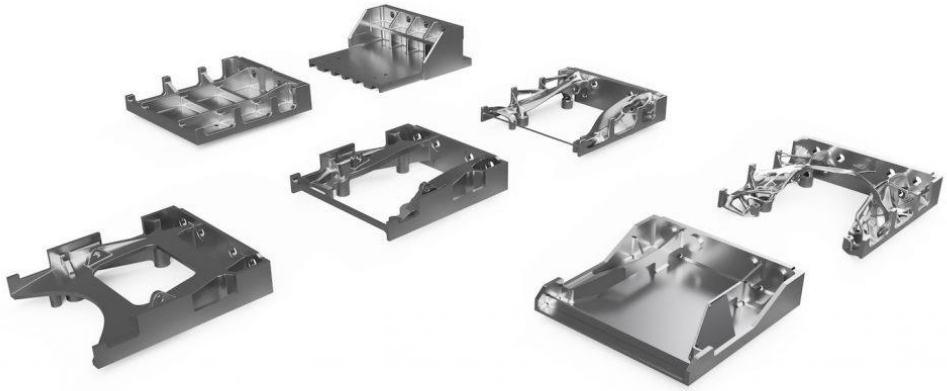


Рис. 1.2. Генеративні рішення конструкції машини з охолодження клінкеру

Виробники промислового обладнання великих масштабів Claudius Peters досягли неймовірних результатів для побудови конвеєрних доріжок охолодження розплавленої породи. Вони зменшили масу на 60% усієї конструкції

Розглянемо ще один приклад проблемного дизайну у енергетиці.

Приклад 2.



Рис. 1.3. Каркас мотоцикла компанії Lightning Motorcycles

Один із найбільш яскравих прикладів сили генеративного дизайну очевидний у випадку компанії Lightning Motorcycles, виробника, який рекламує свої електричні мотоцикли як найшвидші мотоцикли на ринку. Як і у випадку з іншими електромобілями, дизайнери Lightning завжди шукають способи знизити вагу своєї конструкції і бачили в генеративному дизайні спосіб пошуку нестандартних рішень проблеми.

Lightning спеціально попросили інженерів допомогти знизити вагу маятника, котрий з'єднує заднє колесо мотоцикла з його рамою. «По суті вони дали нам існуючу геометрію і сказали: «Спробуйте зробити це краще», - каже він. "Так ми і зробили".

Щоб зменшити масу цього компоненту щонайменше на 15 відсотків, було розробив для вирішення цієї проблеми своє програмне забезпечення для генеративного проектування. Результат складно описати словами.

Те, що було досить нудним, тьмяним металевим елементом, натомість перетворилося на скелетну, тонку органічну річ, яка більше схожа на вирощену, ніж на виготовлену, що вони не лише полегшили попередню конструкцію на 18 відсотків, перевищивши свої цілі, а й покращили характеристики. відхилення попередньої конструкції



Рис. 1.4. Генеративне рішення конструкції каркасу мотоциклу

1.2. Обробка даних для проектування у генеративному дизайні

Генеративний дизайн охоплює широку область методів, які використовують автоматизацію, щоб допомогти дизайнерам та інженерам приймати кращі та швидші рішення. Використання параметрів є рушійним фактором і дозволяє користувачам легко оновлювати та покращувати моделі, покладаючись на динамічні взаємопов'язані рівняння, а не на статичні числа. Параметри, які використовуються таким чином, можуть генерувати тисячі можливих рішень, і користувач може побачити, як одна змінна впливає на всю систему. Це допомагає керувати складними системами, оптимізувати конкретні критерії та поєднувати людську творчість з обчислювальною потужністю. Це особливо корисно на початку процесу проектування з проблемами, які є складними або ще не чітко визначеними. Це також допомагає продемонструвати компроміси, щоб ініціювати та спрямувати обговорення між зацікавленими сторонами щодо проекту. У минулому для завершення розрахунків, а потім повернення назад і внесення суттєвих змін у дизайн було б витрачати величезний час, але за допомогою генеративного дизайну основні зміни можна завершити й оцінити лише кількома кліками.

Ця технологія використовується десятиліттями, але останні розробки зробили її більш доступною та корисною для багатьох галузей промисловості. AutoCAD був одним із перших піонерів генеративного проектування, який дозволяв користувачеві писати прості функції та взаємодіяти між параметрами проекту. З тих пір для Revit було розроблено плагін від Autodesk під назвою Dynamo. Цей плагін з відкритим кодом дозволяє користувачам виконувати складні обчислення, оптимізацію та візуалізацію своїх проектів, використовуючи візуальне програмування. У міру розвитку генеративного проектування йому вдалося керувати дедалі більшими та складнішими частинами процесу проектування, дозволяючи компаніям автоматизувати складні завдання та не відставати від зростаючого попиту на нові будівлі, зберігаючи при цьому низькі ціни. На додаток до звільнення часу, який інакше був би витрачений на виснажливі завдання, генеративний дизайн також можна

використовувати з функціями оптимізації для пошуку найбільш ефективних проектів для будь-якої ситуації. Це може включати будь-який набір проектних показників, наприклад мінімізацію використання енергії, матеріалів або відстань від певної точки, або максимізацію природного освітлення та вентиляції. Наприклад, будівельна компанія використала генеративний дизайн, щоб перевірити 10 000 можливостей для нового проекту забудови землі, з метою максимізації збору сонячної енергії для досягнення цілей з нульовою енергією. Інструменти генеративного проектування також дозволили компанії включити витрати та прибуток у свій аналіз, що призвело до створення проектів, які були б вигідними для компанії, клієнтів та навколишнього середовища. Дослідження багатоцільової оптимізації як візуального інструменту є основною метою цієї доповіді, і вона буде детальніше обговорена далі.

Генеративний дизайн дозволяє використовувати складні геометричні об’єкти, які були б надзвичайно складними без допомоги комп’ютерних моделей, створених за допомогою параметрів та алгоритмів. Він також пропонує можливість поєднати архітектуру та інженерію в справжній витвір мистецтва, як, наприклад, Центр Гейдара Алієва в Баку, Азербайджан.



Рис. 1.5 Центр Гейдара Алієва в Баку, Азербайджан

Ця будівля критично використала генеративний дизайн і програми 3D CAD, щоб включити широкі та складні вигини в свою конструкцію і отримала нагороду «Дизайн року» у 2014 році.

Досягнення вигнутих, органічних форм в архітектурі намагалися без генеративного дизайну, але цей процес надзвичайно трудомісткий. У доповіді Катарини Роша автор підкреслює важливість використання аналізу енергії будівлі протягом усього процесу проектування, а не лише в кінці. Це стало можливим завдяки генеративному дизайну, який дозволяє дизайнерам досліджувати багато шляхів, не витрачаючи весь свій час на оцінку того, як основні зміни впливають на кінцевий продукт. Вона описує генеративний дизайн як процес, який виробляє різні дизайнерські рішення з набору правил і обмежень, визначених алгоритмами.

Генеративний дизайн – це не проектування будівлі. Йдеться про проектування системи, яка проектує будівлю. У системі, дослідженій у цьому звіті, генеративний дизайн використовувався для створення багатьох варіантів концепції випадку, а потім були оцінені найкращі рішення. Вона також наголошує на зростанні інтересу до енергоефективних будівель і обговорює, як енергоефективність вносить абсолютно новий аспект у дизайн будівель. Включення енергоефективності в будівельні системи та архітектуру створює ще більш складну проблему проектування з безліччю суперечливих факторів, які сприяють виробленню найкращого можливого рішення і означає, що генеративний дизайн як ніколи необхідний у сфері проектування будівель, що розвивається.

1.3. Генетичний алгоритм та самостійний штучний інтелект

Традиційні процеси інженерного проектування застосовувалися протягом сотень років для всього, від меблів до ракет. Перевірений і вірний процес був відповідальним за незліченну кількість інженерних чудес протягом всієї історії. Процес інженерного проектування зазвичай виглядає так:

1. Ідея — Визначте проблему та придумайте концепцію
2. Створення — створити приблизний прототип концепції.
3. Дизайн — заповніть деталі комплексним дизайном.
4. Перевірка — перевірте продукт, щоб переконатися, що він працює.
5. Виробництво — побудуйте продукт у масштабі.

Це досить лінійний процес, і цей підхід має кілька істотних недоліків:

- На кожному кроці потрібна велика кількість технічних знань. Незважаючи на те, що використовується складне програмне забезпечення, кожен вимір і функція повинні бути точно визначені за допомогою складних програмних засобів, що стосуються предметної області, щоб створити придатний для використання дизайн, готовий до виробництва.
- Існує петля негативного зворотного зв’язку, яка виникає, коли щось піде не так на етапі перевірки або виробництва. Найчастіше це призводить до відкликання продукції, зусиль по переробці та значної втрати ресурсів.
- Творчість дизайнерів та інженерів обмежена тим, наскільки швидко вони можуть повторювати та створювати нові проекти. Якщо вони мають щільний графік, нетворчі рішення швидко стають статус-кво, що шкодить довгостроковим інноваціям.

Звичайне програмне забезпечення для інженерного проектування допомогло вирішити деякі з цих проблем. Незважаючи на автоматичні обчислення та швидші можливості проектування, ніж ручка та папір, інженерам все ще доводиться проходити кожен етап розробки. Тим не менш, нові технології мають потенціал для підвищення продуктивності так само, як і в інших галузях. Генеративний дизайн є яскравим прикладом того, як цифрові засоби

можуть підвищити ефективність розробки продуктів. Це дає світло для подальшої оптимізації ланцюгів створення вартості, зокрема, при впровадженні нових принципів виробництва, таких як 3D-друк.

Генеративний дизайн використовує штучний інтелект і машинне навчання, щоб перетворити виснажливі процеси інженерного проектування в складну, але природну взаємодію між комп'ютером та інженером. Основна частина оптимізації та моделювання топології автоматично проводиться обчислювальним блоком. Крім того, петлі негативного зворотного зв'язку скорочуються за рахунок зниження бар'єрів для проектування. В результаті інженер має більше можливостей для вирішення проблем, які вимагають «здорового глузду» або не можуть бути вирішені комп'ютерами.

Новий підхід к конструюванню привніс і новій алгоритм проектування, більш циклічний та гнучкий, ніж класичний (див. Рис. 1.6):

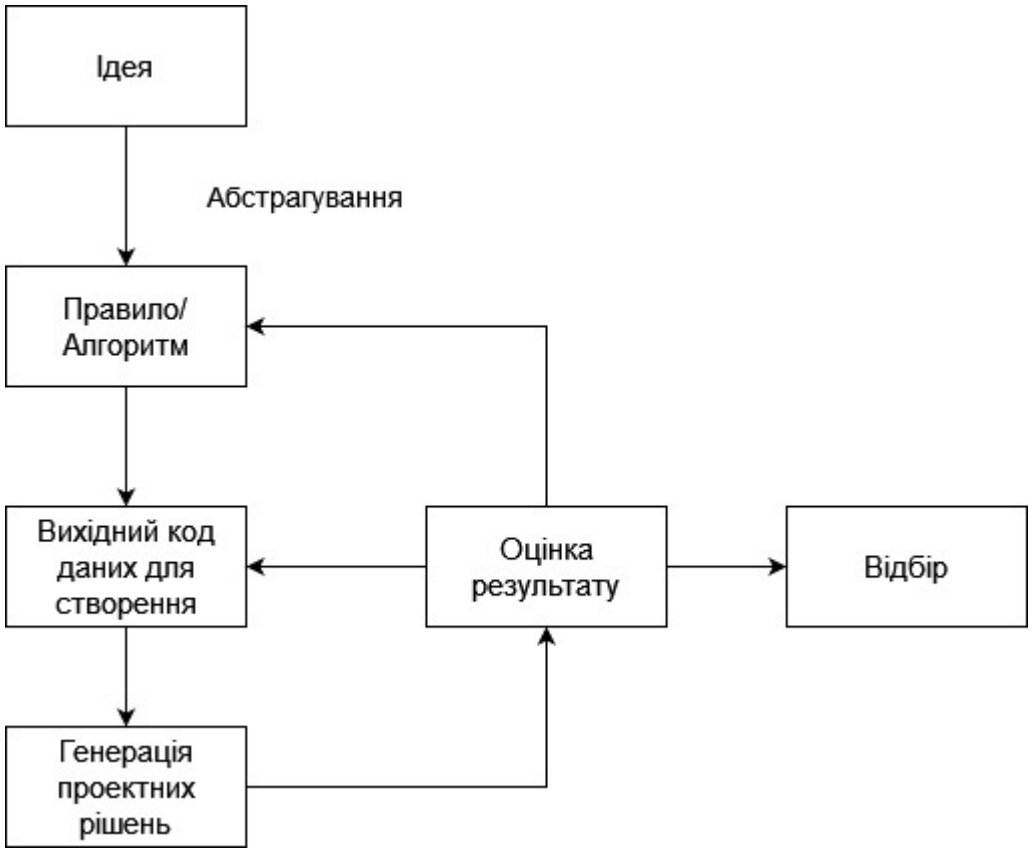


Рис. 1.6. Простий приклад алгоритму у проектуванні

Алгоритми наступного покоління можна навчити не тільки оптимізувати дизайн для конкретних інженерних параметрів, таких як вага або

довговічність, але й для комерційних параметрів, таких як виробничі витрати або навіть естетичні вимоги. Найцікавішим є його застосування для підвищення функціональності (за дизайном) під час використання. Результатом часто є чудовий продукт з часом розробки, який набагато швидше, ніж звичайні процеси проектування, чого людський мозок намагається досягти.

Як згадувалося раніше, генеративний дизайн найкраще працює в поєднанні з іншими технологіями — генеративний дизайн і 3D-друк — це поєднання, створене на небесах.

По-перше, 3D-друк дає можливість швидко створювати прототип і тестувати нові конструкції, не витрачаючи на дорогу і трудомістку виробничу практику.

По-друге, і ще більш вражаюче, для 3D-принтера немає геометричних меж. Це означає, що він може виробляти надзвичайно складні конструкції, які не в змозі виготовити традиційними методами, такими як фрезерування.

По-третє, 3D-друк сприяє масовому налаштуванню, тобто дозволяє друкувати продукцію з урахуванням конкретних потреб клієнта. Уявіть собі, штучний інтелект створює найдосконалішу деталь, тільки для вашого велосипеда, і майже немає економічного недоліку, оскільки він виготовляється лише один раз.

Щоб зрозуміти основну магію та силу генеративного дизайну, ми повинні поглянути на класичні алгоритми оптимізації топології. Вони існують протягом десятиліть і просто мінімізують призначені об’єкти відповідно до своїх обмежень, наприклад, об’єм або вагу. Сучасні алгоритми генеративного проектування використовують ці кроки та додають ширший діапазон обмежень. Тепер користувач може додати більше різноманітних вимог. Отже, робочий процес стає більшим, і штучний інтелект аналізує застосування різних матеріалів або навіть принципів виробництва. Це зрештою робить інженерну роботу легшою та кращою!

Окрім економії часу, алгоритми генеративного проектування також можуть розблокувати нові продукти, які раніше були неможливими. Наприклад, дослідники використовують алгоритми генеративного проектування, щоб проаналізувати структуру кістки пацієнта та створити індивідуальні ортопедичні апаратні засоби на місці, використовуючи процеси адитивного виробництва.

1.4. Дослідження генерацій штучного інтелекту

Взаємодія людини з комп'ютером, спрямована на процес генеративного проектування, можна розділити на три динамічні фази:

- Визначати;
- Створювати;
- Досліджувати.

Визначення – це, в основному, фаза, на якій ми знаходимо нашу проблему і передаємо її комп'ютеру, фіксуючи цілі та обмеження.

Створювання — це місце, де комп'ютер розглядатиме дизайн та обмеження, визначені користувачем, і працює над цими параметрами під різними кутами.

Дослідження — це те місце, де комп'ютер покаже користувачеві параметри, розроблені комп'ютером, використовуючи умови, визначені на етапі дослідження.

Фаза дослідження — це фаза прийняття рішень і взаємодії між комп'ютером і користувачем. Процес генеративного проектування виконується, як сказано, за допомогою алгоритмів штучного інтелекту, включаючи згорткові нейронні мережі, генеративні змагальні мережі, включаючи умовні генеративні змагальні мережі, умовні генеративні змагальні мережі Вассерштейна, граничні рівноважні генеративні змагальні мережі тощо.

Модель квадрокоптера створюється за специфікаціями, наведеними в таблиці 1, і до моделі застосовується генеративний дизайн. У генеративному проектуванні, після різних ітерацій, 63 конструкції були створені нетрадиційним чином, і з яких 6 результатів проектування вважаються найбільш підходящими та доречними на основі наших вимог, і ці 6 проектів показано на малюнку 1. Напруга-деформація, вібрація, загальна вага рами, мінімальний коефіцієнт безпеки тощо для вибору найкращого результату. На кожній ітерації будівля моделі буде перевірена, а потім алгоритм штучного інтелекту буде вчитися з тестування, проведеного на кожному кроці, і

застосовуватиме зміни на наступних ітераціях, таким чином створюючи оптимістичний дизайн, який в кінцевому підсумку відповідає бажаним очікуванням користувач.

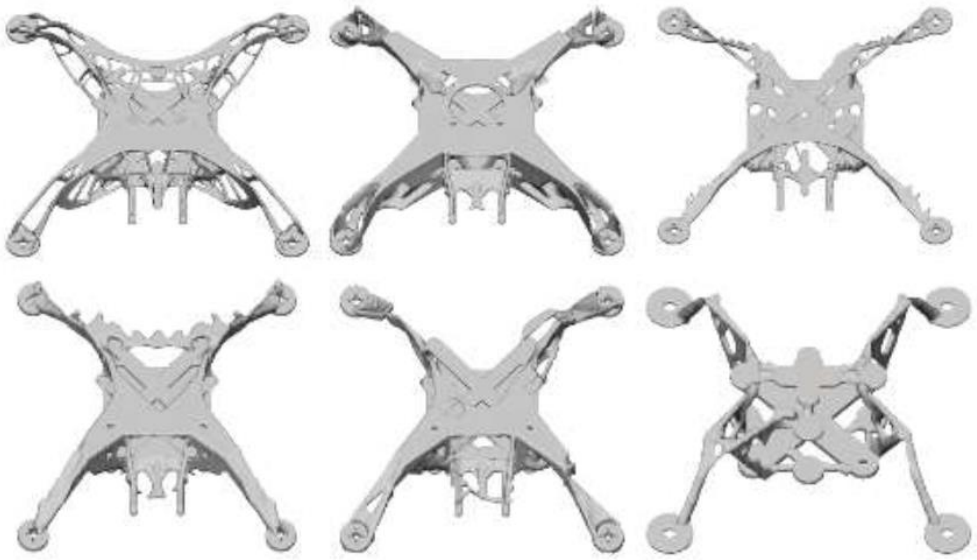


Рис. 1.7 Результати застосування генеративного дизайну.

1.5. Генетичні алгоритми

Генетичні алгоритми — це «техніка евристичного пошуку та оптимізації, натхненна природною еволюцією», вперше запропонована Джоном Холландом у 1975 році. Вони використовують дарвінівський підхід для пошуку оптимальних рішень за допомогою мутацій параметрів, які керуються користувачем. Параметри користувача схожі на хромосоми, і кожна комбінація представляє можливе рішення. Кожна комбінація має «придатність», яка є показником ефективності рішення. Пошук оптимального рішення починається з випадкового списку значень у межах визначеного користувачем діапазону значень. Рішення, які забезпечують найвищі функції придатності, передаються наступному поколінню, щоб їх характеристики поєднувалися з характеристиками інших найефективніших рішень стільки разів, скільки бажає користувач, або до тих пір, поки не будуть виконані певні критерії. Робота з більшою кількістю поколінь вимагає більше часу або обчислювальної потужності, але можна досягти кращих результатів.

Генетичні алгоритми дозволяють дизайнерам з багатьох галузей автоматизувати виснажливі завдання, а також ефективно створювати, досліджувати та документувати більше варіантів дизайну, що приводить до рішень з вищою якістю, стійкістю та креативністю. У той час як генетичні алгоритми включають метод «знизу вгору», який починається з випадкових значень і поєднує найкращі рішення, щоб в кінцевому підсумку отримати набір оптимальних і іноді несподіваних рішень, генеративний дизайн вважається «зверху вниз». Це означає, що кінцева мета повинна бути визначена за допомогою рівнянь, і цей метод менше покладається на випадковість, щоб отримати бажану ціль. Поєднання цих двох засобів із людським наглядом та інноваціями відкрило абсолютно нову главу дизайну.

Хоча теорія, що лежить в основі генетичних алгоритмів, існує вже давно, вони лише нещодавно стали більш поширеними в промисловості, а останнім часом надали кілька захоплюючих дизайнерських рішень для складних проблем. Вперше вони були використані в системах і системах керування HVAC у 1986 році у формі методу прямого пошуку Райта. У цій дипломній роботі були мінімізовані три змінні: перша вартість, експлуатаційні витрати та вартість життєвого циклу. Враховувалися такі фактори, як ціна виготовлених компонентів, задані значення регулятора, масовий витрата та температура. Він також передбачив використання технології, розглянутої в цій доповіді, заявивши: «Очікується, що використання цієї потужності досягне рівня, коли комп’ютери створюватимуть інтегровані проекти будівель з мінімальним впливом людини». У ньому також описано формулювання задачі оптимізації, що містить 3 елементи: змінні, цільову функцію (також відому як функція придатності) і системні обмеження.

У 2001 році Веттер випустив програму з новими алгоритмами, які внесли значний внесок у оптимізацію рішень у будівництві. Однією з найбільших переваг генетичних алгоритмів є їх адаптивність до різних ситуацій; якщо є параметри, які підлягають оптимізації, можна застосувати генетичні алгоритми. Наприклад, у січні 2007 року двоє дослідників

опублікували статтю про оптимізацію рами велосипеда за допомогою генетичних алгоритмів. Метою було мінімізувати вагу, враховуючи навантаження на п'ять критичних стрижнів в рамі, а також коефіцієнт безпеки. У цьому дослідженні також досліджувався вплив частоти кросовера та кількості поколінь на показник придатності.

На щастя, людям, які хочуть використовувати генетичні алгоритми, більше не потрібно мати глибоке розуміння математики, що стоїть за оптимізацією, щоб знайти цікаві та цінні результати. Dynamo, мова візуального програмування з відкритим вихідним кодом, яка використовується як плагін у Revit та іншому програмному забезпеченні для моделювання, дозволяє тим, хто менше знайомий з кодуванням, виконувати багатоцільову оптимізацію за допомогою генетичних алгоритмів, серед багатьох інших речей. Це особливо корисно в сфері енергоефективних будівель, тому що дизайнери і архітектори часто не мають сильного досвіду кодування. Dynamo працює з блоками або вузлами, які з’єднуються один з одним і дозволяють спростити візуалізацію функцій, циклів if/for тощо. У цьому плагіні також можна створювати власні блоки та спільно використовувати їх. Найцікавішою можливістю Dynamo є його здатність взаємодіяти з різноманітними програмами та плагінами, включаючи Revit. У Revit елементами та параметрами можна керувати за допомогою Dynamo із серією блоків, пов’язаних між собою. Це може включати стандартні блоки як користувацькі блоки, написані користувачами за допомогою коду Python і спільно використовувані в Dynamo. Приклад коду на малюнку 1.7 показує, як редагувати елементи в Dynamo за допомогою числового повзунка.

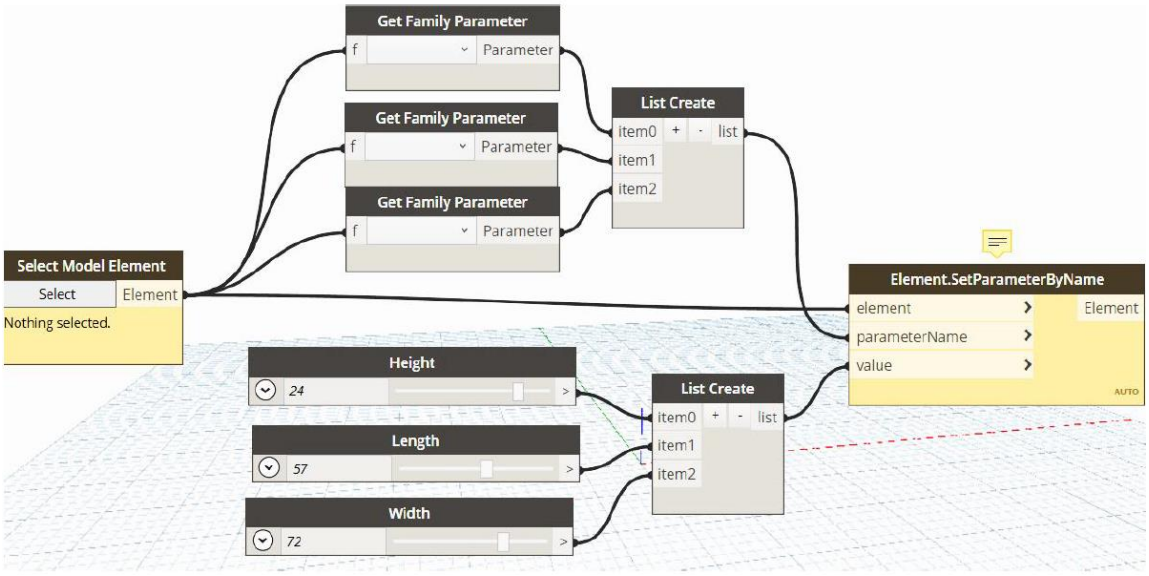


Рис. 1.8 Алгоритмічні блоки у Dynamo.

1.6. Штучний інтелект у енергетичному секторі

Енергетичний сектор у всьому світі стикається з зростаючими проблемами, пов’язаними зі зростанням попиту, ефективністю, зміною моделей попиту та пропозиції та відсутністю аналітики, необхідної для оптимального управління. Ці проблеми є більш гострими в країнах, що розвиваються. Питання ефективності є особливо проблематичними, оскільки поширеність неформальних підключень до електромережі означає, що велика кількість електроенергії не вимірюється і не виставляється рахунків, що призводить до втрат, а також до більших викидів CO2, оскільки споживачі не мають стимулу раціонально використовувати енергію, яку вони не мають». т платити за. Енергетичний сектор розвинених країн вже почав використовувати штучний інтелект і пов’язані з ним технології, які дозволяють спілкуватися між розумними мережами, розумними лічильниками та пристроями Інтернету речей. Ці технології можуть допомогти покращити управління електроенергією, ефективність і прозорість, а також збільшити використання відновлюваних джерел енергії.

Використання штучного інтелекту в енергетичному секторі зараз охоплює ринки, що розвиваються, де це може мати критичний вплив, оскільки

чиста, дешева та надійна енергія є важливою для розвитку. Проблеми можна вирішити з часом, передавши знання про енергетику компаніям, що розробляють програмне забезпечення ШІ. При ретельному проектуванні системи може бути особливо корисним для автоматизації рутинних і структурованих завдань, дозволяючи людям боротися з проблемами влади завтрашнього дня. Доступ до енергії є основою розвитку. Таким чином, відсутність доступу до енергії, яка є реальністю для одного мільярда людей, переважно в країнах Африки на південь від Сахари та Південної Азії, є основною перешкодою для прогресу, яка впливає на здоров'я, освіту, продовольчу безпеку, гендерну рівність, засобів до існування та зменшення бідності. Універсальний доступ до доступної, надійної та стійкої сучасної енергії є однією з цілей сталого розвитку.



Рис. 1.9 Цілі сталого розвитку (SDGs).

Але це залишиться саме такою метою — якщо інноваційні рішення та сучасні технології не зможуть подолати численні перешкоди, пов’язані з енергетикою, які переслідують ринки, що розвиваються, від відсутності достатнього виробництва електроенергії до поганої інфраструктури передачі та розподілу, до доступності та кліматичних проблем. Крім того, диверсифікація та децентралізація виробництва енергії разом із появою нових технологій та зміною моделей попиту створюють складні проблеми для виробництва, передачі, розподілу та споживання електроенергії в усіх країнах. Штучний інтелект має потенціал скоротити витрати енергії, знизити витрати на енергію, а також полегшити та прискорити використання чистих відновлюваних джерел енергії в електромережах у всьому світі. Штучний інтелект також може покращити планування, роботу та контроль енергетичних систем. Таким чином, технології штучного інтелекту тісно пов’язані зі здатністю забезпечувати чисту та дешеву енергію, яка є важливою для розвитку.

Також у світі, який все більш свідомо ставиться до екологічних аспектів, енергетичні та енергетичні системи зазнають величезних змін у багатьох відношеннях. Електрична енергія, вироблена електростанціями, передається і розподіляється до кінцевих споживачів через електромережу. Енергетика виконує завдання з інженерного проектування, монтажу, експлуатації та технічного обслуговування, щоб забезпечити високоякісне та безпечне енергопостачання, враховуючи здатність системи протистояти невизначеним подіям, таким як погодні перебої. Сталий розвиток також був проблемою для енергосистем. Останніми роками спостерігається значне збільшення обсягів встановлення розподілених генерацій, в основному на основі відновлюваних джерел, таких як вітер і сонячна батарея. Інтеграція цих систем нового покоління призводить до систем, які набагато складніші. Дійсно, кількість джерел генерації значно збільшується, оскільки мережа охоплює велику кількість менших і розподілених ресурсів. Невизначеність вітрової або

сонячної енергії призводить до технічних проблем, таких як прогнозування, планування, експлуатація, контроль та управління ризиками.

Ринки електроенергії та нові відновлювані джерела енергії приносять більшу складність через економічний вимір. Електромережа – це фізична інфраструктура з певними обмеженнями. Хоча надійність є ключовою вимогою, складність електромереж і потенційні каскадні події, що поєднують природні та людські причини, можуть призвести до катастрофічних збоїв. Відбулося кілька серйозних інцидентів, включаючи відключення електроенергії (наприклад, 14 серпня 2003 року відключення світла в США; квазівідключення електрики 4 жовтня 2006 року в 9 європейських країнах; і 10 листопада 2009 року відключення світла в Бразилії, яке вплинуло на 70 мільйонів людей у 18 штатах, включаючи великі південні міста Сан. Паулу та Ріо-де-Жанейро). Експерти з енергосистем цілком усвідомлюють, що існує ризик деградації зі збільшенням складності енергосистем. Деякі завдання в енергетиці та економіці є надзвичайно складними. Практичні проблеми енергетичної системи та енергетичного ринку вимагають логічних міркувань, евристичного пошуку, сприйняття та/або вміння працювати з невизначеністю. Штучний інтелект (ШІ) або інтелектуальні системи (ІС) є потенційно потужними інструментами для надання нових рішень там, де інші комп’ютерні технології не можуть. Це нове покоління технологій має поєднувати технічну експлуатацію електромережі з торговельною діяльністю на ринках електроенергії. Інтелектуальні системи є природними інструментами підтримки прийняття рішень для планування, експлуатації, обслуговування, моніторингу ринку та управління ризиками. У посиланні Енциклопедія комп'ютерних наук та інженерії; John Wiley & Sons, Inc.; 2008 р. надає аналіз застосування методів ІС до енергетичних та енергетичних систем. Основні типи проблем, де використовуються ІС:

- Обробка сигналізації, діагностика та відновлення - Експертні системи та інші системи, засновані на знаннях, використовувалися для вирішення проблем обробки сигналів, діагностики та підтримки відновлення на рівні

диспетчерського та диспетчерського центру, а також на рівні підстанцій та генеруючих установок. Коли доступні дані та інформація, що стосуються великої кількості подій, що охоплюють великий набір передбачуваних випадків, штучну нейронну мережу можна спроектувати та навчити з хорошими результатами. Енергетика проводить навчання операторів Центру управління за допомогою програмних симуляторів, набутий досвід роботи з інтелектуальними системами навчання;

- Прогнозування - Рівень попиту на навантаження визначає обсяг подачі енергії від електростанцій. Нейронні мережі широко використовуються для завдань прогнозування. Вони також використовувалися при прогнозуванні цін на ринках електроенергії, а саме в поєднанні з Fuzzy Logic. - Оцінка безпеки. Оцінка безпеки оцінює здатність енергосистеми протистояти ряду непередбачених ситуацій у статичних і динамічних ситуаціях. Для оцінки безпеки розроблені методи розпізнавання образів і штучні нейронні мережі.

- Планування та планування – Ці методи необхідні для планування електричних мереж та розширення виробництва, а також для вирішення кількох проблем експлуатації, наприклад, прихильність одиниць, оптимальне диспетчеризація, гідротермальна координація, реконфігурація мережі та планування технічного обслуговування. Методи, які часто використовуються для вирішення цих проблем, — це обчислювальний інтелект і біоінспіровані методи, натхненні природою та поведінкою тварин, включаючи: штучні нейронні мережі, нечіткі системи та генетичні алгоритми, імітований відпал, пошук табу, ройовий інтелект та колонію мурах.

- Енергетичні ринки. У той час як інженерія енергетичної системи займається технічними аспектами мережі, енергетичні ринки ведуть до економічної перспективи електроенергетики. Для вирішення проблем на енергетичних ринках використовуються методи мультиагентної системи, машинного навчання / інтелекту даних та теорії ігор.

Хоча зв’язок між ІС та дослідниками енергетичних систем та енергетичного ринку корисний як для ІС, так і для спільнот енергосистем,

застосування електроенергії та енергії не дуже помітно на заходах та журналах ШІ або ІС. З іншого боку, наукове співтовариство Power and Energy розробляє різні застосування методів обчислювального інтелекту. Таблиця I ілюструє методи штучного інтелекту, типи проблем і сфери застосування в сферах енергетики та енергетики для документів.

Загальні області ШІ	Методи ІС	Тип проблеми	Енергетичні програми
Системи на основі знань	Expert Systems, Intelligent Tutoring Systems	Проектування, моніторинг, навчання	Когенераційні електростанції, контроль якості трансформаторів, аналіз інцидентів в центрах управління енергосистемами
Ймовірнісні міркування	Probabilistic Reasoning	Моніторинг	Контроль в'язкості на електростанціях на викопному паливі
Неповна інформація	Incomplete Information	Прогнозування	Ціни на ринку електроенергії
Нечіткі системи	Fuzzy Systems, Neuro-Fuzzy	Діагностика, Контроль, Оптимізація	Коливання у взаємопов'язаних системах; Аналіз інцидентів в центрах управління енергосистемами; Мінімізація систем вимірювання провалів/збухів напруги; Стабільність енергетичних систем
Обмеження	Constraint Satisfaction	Контроль	Розумна мережа (Smart Grid)
Базовий пошук	Local Search, Tabu Search	Планування	Розподіл комутаторів у розподільних мережах, планування розширення розподіленої мережі
Еволюційні алгоритми	Genetic Algorithms	Оптимізація, Тест, Призначення, Планування	Загальні енергосистеми, системи розподілу, призначення комп'ютерних ресурсів цифровим симуляторам реального часу,

			потужність ринку, короткострокове планування розподілених енергетичних ресурсів, переваги власників розподіленої генерації, мінімізація систем вимірювання провалів/вибухів напруги, планування розподіленої генерації, вразливість Аналіз в енергосистемах
Ройовий інтелект	Particle Swarm Optimization	Оптимізація, Планування, Реконфігурація, Диспетчеризація, Відбір, Класифікація, Оцінка, Прогноз	Параметри моделі композиційного навантаження, короткострокове прогнозування навантаження, короткострокове планування розподілених енергетичних ресурсів у відповідь на попит, диспетчеризація джерел реактивної енергії вітрових електростанцій, планування розширення розподіленої мережі, реконфігурація фідера в розподільних системах, вибір функцій при нетехнічних втратах
Теорія ігор	Game Theory	Класифікація	Навчання поведінки гравців ринків електроенергії, надійність генерації на ринках електроенергії
Відповідність шаблону	Pattern Recognition	Моніторинг	Зниження енергоспоживання
Машинне навчання, інтелектуальний аналіз даних	Neural Networks, Reinforcement Learning, k-means, Decision	Класифікація, прогноз, моніторинг, оцінка, кластеризація, контроль,	Оцінка стабільності, планування розширення трансмісії, розробка вуглеводнів, контроль в'язкості на електростанціях на

	Trees, Support Vector Machines, Neuro-Fuzzy	оптимізація, моделювання	викопному паливі, надійність виробництва електроенергії на ринках електроенергії, короткострокове прогнозування навантаження, контроль вітрогенераторів, оцінка стабільності, планування розширення трансмісії, розробка вуглеводнів, контроль в'язкості на електростанціях на викопному паливі, надійність генерації на ринках електроенергії, короткострокове прогнозування навантаження, контроль вітрогенераторів, аналіз перенапруг при відновленні енергосистеми, моніторинг неінтрузивного навантаження, стабільність енергетичних систем, навчальна поведінка гравців ринків електроенергії, ціноутворення на ринку електроенергії, прибуток на ринках електроенергії, аналіз інцидентів у центрах управління енергосистемами
Системи на основі агентів	Multi-Agent Systems, Agent-based Simulation	Моделювання, прогнозування, контроль, узгодження	Ринки електроенергії, торги на ринках електроенергії, прибуток на ринках електроенергії

Таблиця 1. Методи штучного інтелекту

Як показано в таблиці 1, нейронні мережі, навчання з підкріпленням, генетичні алгоритми, нечіткі системи, оптимізація рою частинок і багато-агентні системи є загальними методами для кількох проблемних областей, пов’язаних із класифікацією, прогнозуванням, плануванням, оптимізацією та контролем. На основі наведених вище спостережень рекомендується:

- Організації енергетичних систем та енергетичних ринків досліджують нові області досліджень у сфері штучного інтелекту, оскільки ці нові сфери мають потенціал для створення орієнтованого на знання бізнесу для цієї галузі та інтелекту на рівні людини в розроблених системах;

- Дослідники штучного інтелекту починають зосереджуватися на галузі застосування енергетичних систем та енергетичних ринків, оскільки, оскільки енергетичні ресурси збільшують вартість, а навколишнє середовище та стійкість є вирішальними для суспільства, інвестиції в дослідження в цих сферах будуть зростати. Застосування в системах електроенергетики та енергетики є сферами високого впливу, що пов’язані зі складними проблемами.

1.7. На шляху до розумного енергетичного сектору

Енергетика має багатообіцяюче майбутнє з появою таких рішень, як інтелектуальні мережі, керовані штучним інтелектом. Це електричні мережі, які забезпечують двосторонній зв’язок між комунальними підприємствами та споживачами. Розумні мережі мають вбудований інформаційний рівень, який дозволяє спілкуватися між різними компонентами, щоб вони могли краще реагувати на швидкі зміни потреби в енергії або невідкладні ситуації. Цей інформаційний шар, створений завдяки широкому встановленню розумних лічильників і датчиків, дозволяє збирати, зберігати та аналізувати дані. Одиниці вимірювання фазора, або синхрофазори, є ще одним важливим елементом сучасної розумної мережі. Вони дозволяють вимірювати в реальному часі та вирівнювати дані з кількох віддалених точок по всій сітці. Це створює поточне, точне та інтегроване уявлення про всю енергосистему,

що сприяє кращому управлінню мережею. У поєднанні з потужною аналітикою даних ці елементи інтелектуальної мережі допомогли підвищити надійність, безпеку та ефективність мереж передачі та розподілу електроенергії. З огляду на великий обсяг і різноманітну структуру таких даних, методи штучного інтелекту, такі як машинне навчання, є найкращими. підходить для їх аналізу та використання. Цей аналіз даних можна використовувати для різних цілей, включаючи виявлення несправностей, прогнозне обслуговування, моніторинг якості електроенергії та прогнозування відновлюваних джерел енергії. Інновації в інформаційно-комунікаційних технологіях (ІКТ), хмарних обчисленнях, аналітиці великих даних і штучному інтелекті сприяли поширенню інтелектуальних вимірювань. Широке використання розумних лічильників і передових сенсорних технологій створило величезні обсяги даних, які швидко генеруються. Ці дані потребують нових методів зберігання, передачі та аналізу. Для ілюстрації, із частотою дискретизації чотири рази на годину, один мільйон розумних лічильників, встановлених у розумній мережі, створить понад 35 мільярдів записів.

Використання інтелектуальних мереж у країнах із розвиненою економікою відстає від розвиненої економіки, але декілька країн із розвиненою економікою вжили заходів для їх впровадження з різним рівнем розвитку. Серед них Бразилія, Китай, Малайзія, Південна Африка, Таїланд та В’єтнам.

Техніки глибокого навчання, це частини машинного навчання, які можуть допомогти розпізнати закономірності та аномалії у дуже великих наборах даних — як зі сторони споживання електроенергії, так і з боку джерела живлення, — яких інакше було б майже неможливо досягти. Це призвело до покращення систем, швидшого вирішення проблем і кращої продуктивності. Країни з розвиненою економікою лідирують у застосуванні AI в енергетичному секторі. Наприклад, DeepMind, дочірня компанія Google, застосовує алгоритми машинного навчання до 700 мегават енергії вітру в центральній частині США, щоб передбачити вихідну потужність на 36 годин

раніше фактичного виробництва, використовуючи нейронні мережі, навчені прогнозам погоди та історичним даним вітрових турбін. Алгоритми глибокого навчання також здатні вчитися самостійно. При застосуванні до шаблонів енергетичних даних алгоритми навчаються методом проб і помилок.

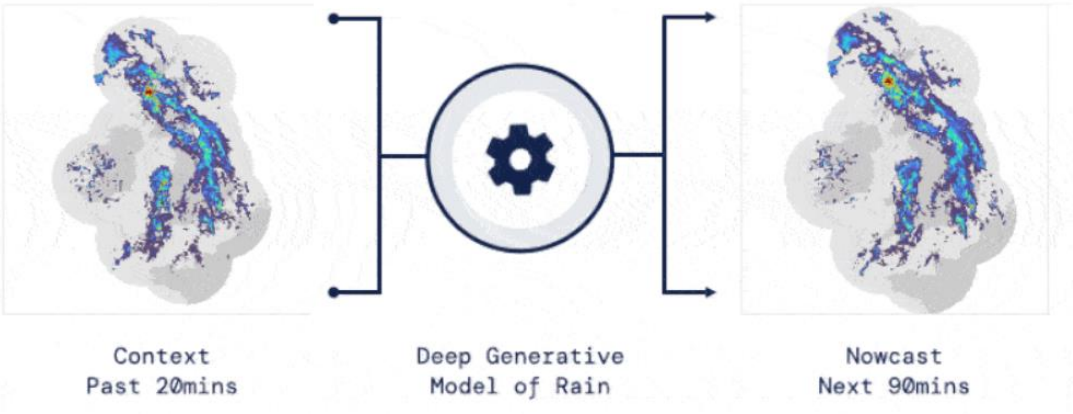


Рис. 1.10 DeepMind алгоритми прогнозу погоди.

Наприклад, у Норвегії Agder Energi співпрацювала з Університетом Агдера, щоб розробити алгоритм оптимізації використання води на гідроелектростанціях. Вода може здатися, здавалося б, нескінченним джерелом енергії, проте лише обмежена її кількість доступна для виробництва гідроелектрики, тому її потрібно використовувати оптимально.

У Канаді Sentient Energy, провідний постачальник передових рішень для моніторингу та аналітики електромереж, був обраний у 2017 році для підтримки електроенергетики та природного газу Manitoba Hydro. Очікується, що її ініціатива Worst Feeder Program дозволить Manitoba Hydro пришвидшити виявлення несправностей системи та швидше відновлювати електроенергію для клієнтів у найкритичніших точках її розподільної мережі. ШІ також може допомогти з проблемами прогнозування у виробництві гідроелектроенергії. Загалом, більшість країн мають надійні гідрологічні дані, зібрані протягом 40 років, а в деяких випадках і довше, що полегшує прогнозування гідрології з використанням перевірених інструментів стохастичного подвійного динамічного програмування. Проте минулого року зміни клімату зруйнували такі прогнози. Наразі математичні моделі, що лежать в основі функціонування

виробництва електроенергії, налічують приблизно 30 років і загалом несумісні з сучасними реаліями гідроенергетики. Зростаюча невизначеність таких параметрів, як майбутні рівні опадів або ціноутворення, є однією з багатьох проблем для оптимізації виробництва та прибутку.

1.8. Моделі з підтримкою штучного інтелекту в з низьким рівнем доходу

З’являються нові бізнес-моделі, побудовані на штучному інтелекті, які орієнтовані на недостатньо охоплені географічні райони, де доступ до електроенергії залишається щоденною проблемою. Наприклад, Power-Blox — це розподілена енергетична система, оснащена батарейними кубами, які можуть накопичувати 1,2 кіловат-години сонячної або вітрової енергії, а один блок може обслуговувати кількох людей. Це рішення можна масштабувати до кількох одиниць, щоб забезпечити живлення цілого села. FlexGrid є ще одним прикладом, який створює рішення поза мережею для сільських сіл. Компанія отримала грант від Electrifi, європейського фінансового органу, щоб створити тестовий майданчик у віддаленому співтоваристві на півдні Малі, де понад 10 000 сіл не мають доступу до електричної мережі. Клієнти стягуються за фіксованою ставкою за багаторівневою структурою ціноутворення, яка базується на їх спроможності платити, а платежі здійснюються за допомогою текстової системи. Наразі Power-Blox інтегрується з протоколами Інтернету речей для інтеграції віддаленого керування коробками.

1.9. Застосування штучного інтелекту в енергетичному секторі

Прогнозування несправностей було одним з основних застосувань штучного інтелекту в енергетичному секторі, поряд з обслуговуванням у режимі реального часу та визначенням ідеальних графіків технічного обслуговування. У галузі, де несправність обладнання є поширеною з потенційно значущими наслідками, штучний інтелект у поєднанні з відповідними датчиками може бути корисним для моніторингу обладнання та виявлення збоїв до того, як вони відбудуться, таким чином заощаджуючи

ресурси, гроші, час та життя. Геотермальна енергія, яка дає стабільний вихід енергії, обговорюється як потенційне джерело потужності базового навантаження (мінімальна кількість енергії, необхідної для постачання електричної мережі в будь-який момент часу) для підтримки розширення менш надійних відновлюваних джерел енергії. Toshiba ESS проводить дослідження щодо використання Інтернету речей та ШІ для підвищення ефективності та надійності геотермальних електростанцій. Наприклад, прогностична діагностика, що забезпечується багатими даними, використовується для прогнозування проблем, які потенційно можуть закрити заводи. Профілактичні заходи, такі як розпилення хімічних агентів, щоб уникнути зупинки турбіни, оптимізовані (кількість, склад і терміни) за допомогою Інтернету речей та ШІ. Такі інновації є важливими в такій країні, як Японія, яка володіє третім за величиною геотермальними ресурсами у світі, особливо в умовах зниження вартості конкуруючих відновлюваних джерел, таких як сонячна енергія.

Обслуговування полегшується обробкою зображень. Національна мережа Сполученого Королівства звернулася до дронів для моніторингу проводів і опор, які передають електроенергію від електростанцій до будинків і підприємств. Оснащені фотокамерами високої роздільної здатності та інфрачервоними камерами, ці дрони були особливо корисними для виявлення несправностей завдяки їх здатності охоплювати величезні географічні зони та складну місцевість. Вони були використані для покриття 7200 миль повітряних ліній в Англії та Уельсі. Потім AI використовується для моніторингу стану енергетичних активів і визначення, коли їх потрібно замінити або відремонтувати.

Прийняття рішень щодо енергоефективності. Розумні пристрої, такі як Amazon Alexa, Google Home і Google Nest, дозволяють клієнтам взаємодіяти зі своїми термостатами та іншими системами керування, щоб контролювати споживання енергії. Цифрове перетворення домашнього енергоменеджменту та побутової техніки дозволить автоматичним лічильникам використовувати

штучний інтелект для оптимізації споживання та зберігання енергії. Наприклад, він може викликати вимикання приладів, коли електроенергія дорога, або зберігання електроенергії через автомобільні та інші батареї, коли електроенергія дешева або сонячна енергія на даху в достатку. Зі зростанням чисельності населення та урбанізацією на ринках, що розвиваються, і, як наслідок, розширюються міста, штучний інтелект відіграватиме ключову роль у цих зусиллях, використовуючи дані, включаючи дані мережі, дані інтелектуальних лічильників, дані про погоду та інформацію про енергоспоживання, для вивчення та покращення ефективності будівель, оптимізувати споживання ресурсів, підвищити комфорт та економічну ефективність для мешканців.

Крім того, на дерегульованих ринках, таких як Сполучені Штати, де споживачі можуть вибирати своїх постачальників енергії, ШІ надає споживачам повноваження, дозволяючи їм визначати свого постачальника на основі їхніх уподобань щодо джерела енергії, сімейного бюджету чи моделей споживання. Дослідники з Університету Карнегі-Меллона розробили систему машинного навчання під назвою Lumator, яка поєднує вподобання та дані споживача з інформацією про різні тарифні плани, обмежені в часі рекламні тарифи та інші пропозиції продуктів, щоб надати рекомендації щодо найбільш підходящого джерела електроенергії. угода. У міру того, як система стає більш знайомою зі звичками споживача, система запрограмована на автоматичне перемикання енергетичних планів, коли стають доступними кращі пропозиції, і все це без переривання постачання.30 Такі рішення також можуть допомогти збільшити частку відновлюваної енергії, допомагаючи споживачам перейти на відновлювальні джерела енергії. в реалізований попит на неї, і може бути використаний для сигналізації виробникам про рівень споживчого попиту на відновлювану енергію. ШІ може допомогти покращити прогнози попиту та виробництва електроенергії, покращуючи прийняття рішень щодо виробництва. Це особливо важливо при переході до відновлюваних джерел енергії, оскільки вони часто непостійні через свою залежність від погоди,

вітру та водних потоків, а також залежність від викопного палива для резервного забезпечення. Прогнози на основі штучного інтелекту в поєднанні з інфраструктурою зберігання енергії можуть зменшити потребу в таких системах резервного копіювання. Нарешті, поширення розподіленої генерації означає, що споживачі тепер будуть робити внесок у виробництво електроенергії, фактично діючи як виробники (прозьюмери). Оскільки ці споживачі стають все більш важливими гравцями в системі, ШІ сприятиме прийняттю рішень про оптимальний час для розподіленої генерації, щоб зробити свій внесок у мережу, а не використовувати її. ШІ також може допомогти традиційним виробникам і системним операторам, яким тепер доведеться балансувати збільшеними періодичними відновлюваними джерелами енергії, розподіленою генерацією, включаючи споживачів, і новими тенденціями попиту, такими як збільшення електромобілів.

Аварійне відновлення. Коли ураган «Ірма» обрушився на Південну Флориду в 2017 році, для відновлення електроенергії та освітлення знадобилося 10 днів, на відміну від 18 днів, необхідних для відновлення регіону після попереднього урагану «Вілма». Це скорочення часу відбулося завдяки новим технологіям, таким як штучний інтелект, які можуть передбачити наявність енергії та забезпечити її доставку там, де вона найбільше потрібна, без негативного впливу на систему. Крім того, системи штучного інтелекту можуть покращити оцінку збитків та оптимізувати прийняття рішень завдяки швидшому доступу до зображень та інформації — протягом перших 12-24 годин — після того, як стихія стихає.

Запобігти втратам через неформальні зв'язки. Ще одним викликом для енергетичного сектору є втрати через неформальні зв'язки. ШІ можна використовувати для виявлення розбіжностей у моделях використання, історії платежів та інших даних споживачів, щоб виявити ці неформальні зв’язки. Крім того, у поєднанні з автоматизованими лічильниками це може покращити моніторинг для них. Це також може допомогти оптимізувати дорогі та тривалі фізичні перевірки. Наприклад, Бразилія, яка страждає від високого рівня

нетехнічних втрат, які включають неформальні з’єднання та помилки в розрахунках, виграла від таких рішень. Крім того, Університет Люксембургу розробив алгоритм, який аналізує інформацію з лічильників електроенергії для виявлення ненормального використання. Алгоритму вдалося виявити проблемні випадки з більшою швидкістю, ніж більшість інших інструментів, якщо застосувати до інформації за п’ять років від 3,6 мільйонів бразильських домогосподарств. Технологію планують розгорнути в Латинській Америці.

2. ГЕНЕРАТИВНЕ ПРОЕКТУВАННЯ

2.1. Інформаційне моделювання будівель

Інформаційного моделювання будівель в зеленому будівництві, — це процес, який може допомогти архітектурним, інженерним та будівельним фірмам покращити стійкість у забудованому середовищі. Це може дозволити архітекторам та інженерам інтегрувати та аналізувати екологічні проблеми в їхньому проектуванні протягом життєвого циклу активу.

Завдяки своїй надзвичайно модульній природі генетичні алгоритми генеративного проектування використовувалися в різних галузях, включаючи архітектуру, автомобільну промисловість і навіть імунологію. У Катаріна Родрігеш Феррейра да Роша продемонструвала робочий процес, який використовує генеративний дизайн для створення параметричної моделі в середовищі інформаційного моделювання будівель. Він забезпечував високопродуктивні рішення для однієї змінної за раз. Оскільки одночасно перевірялася лише одна змінна, процес був дуже ручним і трудомістким, а оптимальне рішення можна було упустити.

Було проведено дослідження систематичної інтеграції ІМБ, параметричного моделювання та аналізу ефективності будівлі, щоб забезпечити новий робочий процес, який робить параметричне дослідження енергетичної ефективності будівлі більш доступним для інноваційний енергоефективний дизайн будівлі. ІМБ-модель намагалися інтегрувати у енергетичне моделювання з кодом оптимізації. Був проведено кейс, який намагався максимально збільшити кількість кімнат у будівлі, задовольнити вимоги до денного освітлення та мінімізувати очікуване споживання енергії. Пізніше команда завершила подібний проект із Optimo та Revit, який оптимізував денне освітлення та використання енергії.

Optimo використовує алгоритм багатоцільової оптимізації під назвою NSGA, щоб знайти рішення проблем із суперечливими цілями, використовуючи кордон Парето. Кордон Парето — це набір рішень, коли одна

ціль не може бути покращена, не викликаючи гіршого результату для інших цілей. Optimo складається з чотирьох основних вузлів, які пояснюються нижче. Чотири основних блоки коду використовуються в кожній програмі Optimo, але для аналізу конкретних функцій необхідно додати спеціальні вузли. Вони можуть бути простими, або вони можуть включати інформацію з моделей в інших програмах, які працюють з Dynamo, наприклад Revit.

2.2. Чотири основних блоки моделювання

По-перше, визначити початковий список рішень. Це список випадкових змінних у визначеному користувачем діапазоні та довжині. Для того, щоб провести ефективне дослідження, діапазони слід вибирати розумно, а також необхідні деякі базові знання змінної. На цей діапазон також можуть впливати фізичні обмеження. Наприклад, якщо змінною є висота вікна, вікно, очевидно, не може бути вищим за стіну, тому діапазон має бути обмежений висотою стіни. Таким чином, генеративний дизайн працює пліч-о-пліч з генетичними алгоритмами, оскільки деякі геометричні обмеження повинні розвиватися і обмежуватися рівнянням, а не константою. Цей вузол виводить список змінних, згенерованих початковим рішенням і цілями, які спочатку створюються як нульові на цьому кроці і призначаються значення на наступному вузлі. Розмір цього початкового рішення називається розміром популяції. Більший розмір може дати більш точні результати, але також займе більше обчислювальної потужності та часу.

По-друге, призначити результати функції придатності: отримує список цільових значень і призначає їх до списку сукупності. Це дозволяє Optimo працювати з цільовими функціями, які вбудовані у вузли або пакети вузлів.

По-третє, алгоритм генерації: отримує початковий список рішень у кожному поколінні та генерує дочірній список рішень за допомогою генетичного алгоритму. Цілі знову встановлюються за допомогою вузла Призначити результати фітнес-функції.

Вчетверте, сортування. Використовує сортування за кордоном Парето, щоб сортувати рішення на основі їх придатності, перш за все з найкращим результатом. Рішення багатоцільової задачі оптимізації вважається оптимальним, якщо жодна ціль не може бути покращена без погіршення іншої.

Optimo спочатку створювався для використання з Building Studio, яка є хмарною платформою для оцінки ефективності енергії та освітлення в моделях Revit. Веб-додаток також дозволяє користувачам редагувати параметри для зміни енергетичних характеристик будівлі. Внесення змін таким чином оновлює обчислення продуктивності будівлі, але не фактичну модель. Ефективність можна продемонструвати як інтенсивність використання енергії, витрачену на опалення, кондиціонування повітря та освітлення. Деякі з змінних включають властивості вікон на певних сторонах будівлі, співвідношення вікон і стін з усіх боків, конструкцію стін і даху, інфільтрацію, ефективність освітлення, контроль денного освітлення і графік роботи. Сонячні батареї також є опцією, і користувачі можуть змінювати ефективність панелей, обмеження терміну окупності та відсоток покритої поверхні даху. Це корисно, однак пошук оптимального рішення по одному параметру забирає дуже багато часу, і деякі комбінації, які призводять до підвищення енергоефективності, можуть бути упущені.

Ситуації з багатьма суперечливими факторами, що впливають на більші загальні показники дизайну, як описана вище, є ідеальними кандидатами для генетичних алгоритмів.

2.3. Програмне забезпечення для проектування енергоефективних будівель

Використання генеративного проектування та генетичних алгоритмів у проектуванні енергоефективних будівель. Він зосереджений на робочому процесі із використанням програмного забезпечення для багатоцільової оптимізації та візуалізації для аналізу денного освітлення. Цей робочий процес

починається з Revit, програмного забезпечення для інформаційного моделювання будівель. На відміну від стандартного автоматизованого проектування (CAD), програмне забезпечення BIM призначене спеціально для будівель, де над одним проектом працюють групи людей.

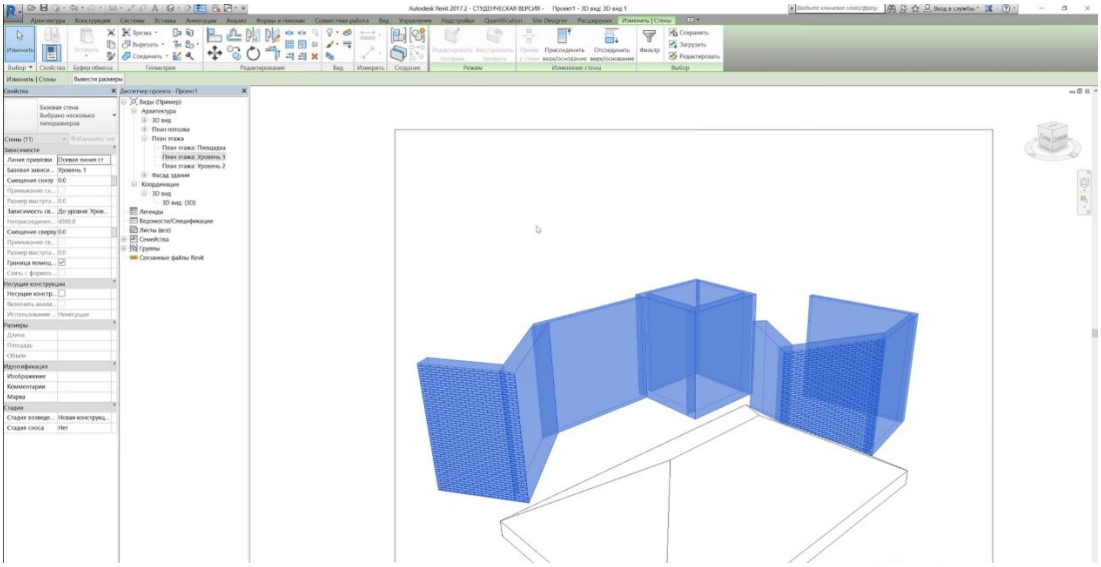


Рис. 2.1 Програмне забезпечення Revit

Dynamo — це інструмент візуального програмування з відкритим вихідним кодом у Revit, який дозволяє користувачам аналізувати й маніпулювати майже будь-яким об’єктом у Revit, включаючи вікна, підлогу та стіни. Візуальне програмування працює подібно до стандартного текстового кодування. Замість рядків коду «вузли» вибираються з бібліотеки, розміщуються в середовищі Dynamo і з’єднуються один з одним для демонстрації робочого процесу. Це має на меті зробити кодування більш доступним для широкого кола людей, які, можливо, не мають досвіду в інформатиці.

Dynamo — це динамічне програмне забезпечення, орієнтоване на спільноту, яке постійно розвивається і особливо корисне для генеративного проектування та автоматизації повторюваних завдань у Revit.

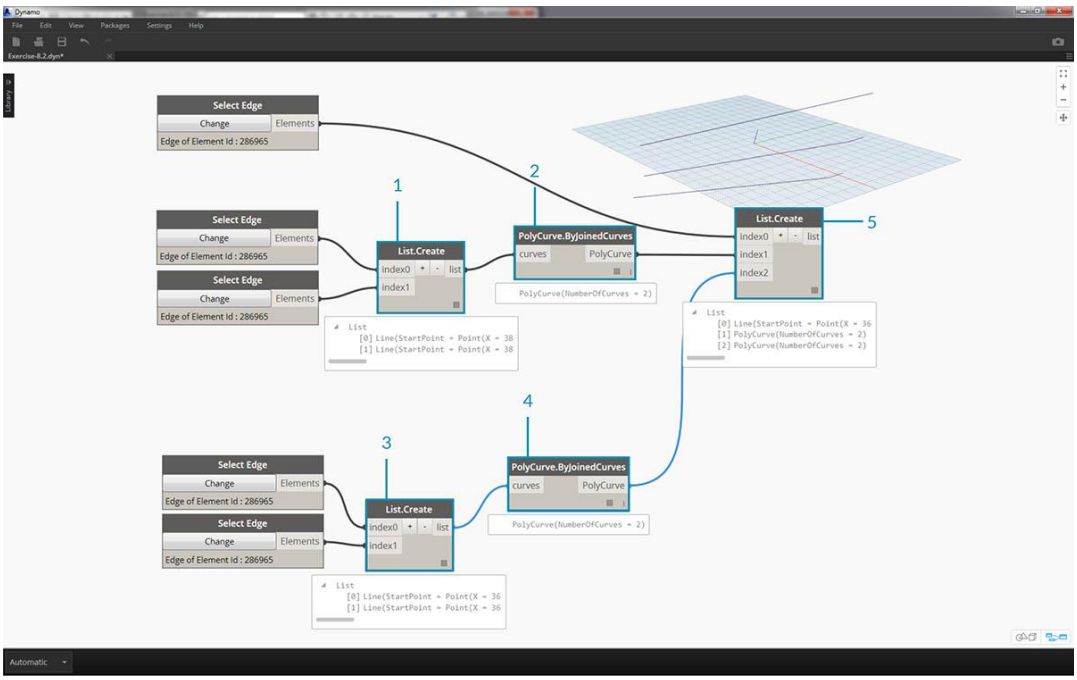


Рис. 2.2 Інструмент візуального програмування Dynamo

Honeybee – це інструмент аналізу енергії, який також є відкритим і динамічним. Хоча існує багато програм енергетичного аналізу, Honeybee© є унікальним, оскільки він розроблений з урахуванням сумісності та призначений для використання з багатьма різними програмними платформами, включаючи Dynamo.

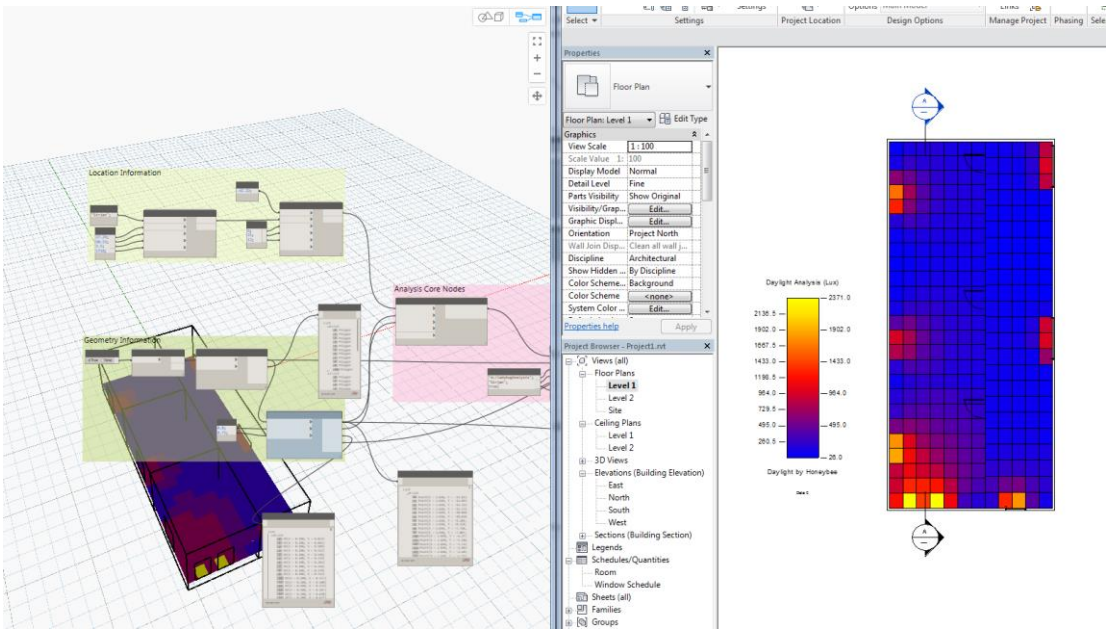


Рис. 2.3 Інструмент аналізу енергії Honeybee

Project Refinery — це ще один інструмент Dynamo, який працює з заданими входами та виходами, щоб знайти оптимальні рішення архітектурних та інженерних проблем за допомогою генетичних алгоритмів. Генетичні алгоритми починаються з випадкового набору значень у межах, визначеному користувачем, і «еволюціонують», визначаючи найкращі ефективні рішення та створюючи нові покоління, використовуючи характеристики цих рішень. Цей процес вимагає багатьох ітерацій, що робить Project Refinery та Dynamo чудовими інструментами для роботи. У цьому звіті Project Refinery та Dynamo були використані для визначення найефективніших рішень у системі, яка намагається досягти максимального природного освітлення та мінімальної площі вікон у будівлі Revit шляхом зміни розмірів вікон та моделювання ефективності освітлення за допомогою Honeybee.

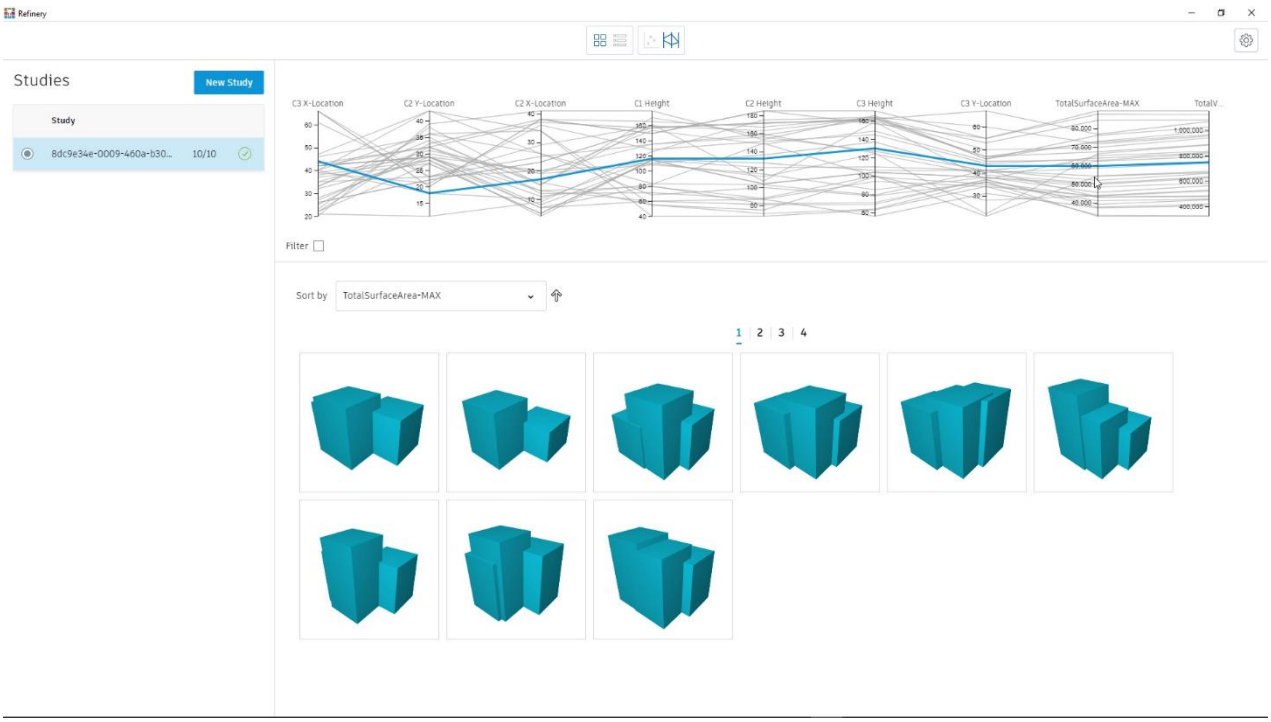


Рис. 2.4 Інструмент Project Refinery

3. ПРОЕКТУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕТИВНИХ БУДІВЕЛЬ

3.1. Енергоефективність

Хоча існує багато програм, які можуть розрахувати майже все, що нам потрібно знати про будівлю, архітекторам та інженерам все ж важливо знати про фактори, які впливають на енергоефективність. Більшість використання енергії в будівлі відбувається за рахунок опалення, охолодження, вентиляції та освітлення, на які впливають тепло і світло, що передаються або генеруються всередині будівлі. Чотири види теплопередачі: конвекція, теплопровідність, теплове випромінювання та випарне охолодження.

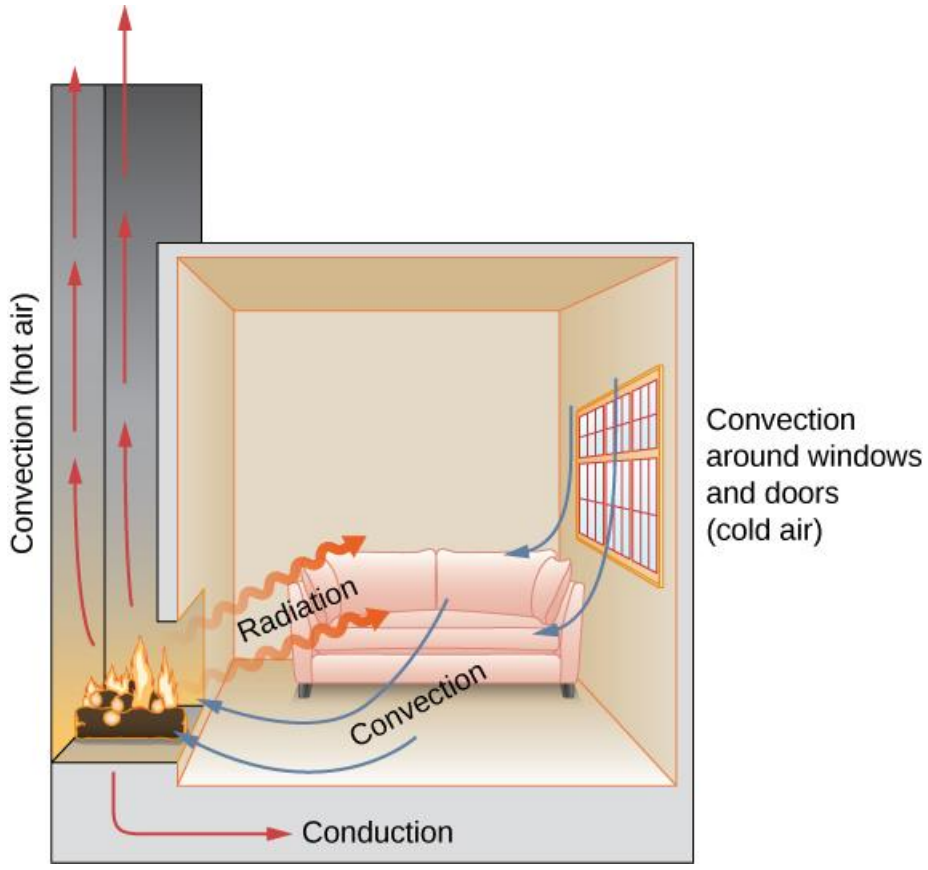


Рис. 3.1 Види теплопередачі у будівлі

Провідність і теплове випромінювання мають найбільш помітний вплив на сучасні будівлі, але конвекція та випарне охолодження також мають певну вагу, особливо в деяких традиційних будівлях з пасивними методами охолодження. Наприклад, будинок для стрілецької зброї в Новому Орлеані

використовує переваги вологого повітря в Луїзіані, яке в іншому випадку могло б викликати у мешканців незручності, вирівнявши всі кімнати у довгому будинку з великими відкритими вікнами, щоб забезпечити вільне проходження свіжого повітря. Вхід, як правило, звернений до найближчої водойми, і будинок охолоджується конвекцією, оскільки в будинок надходить холодніше повітря, а вологість також сприяє охолодженню випаровуванням.

Іншим традиційним методом збереження комфорту мешканців є будівництво з саману або інших товстостінних конструкцій в екстремальних кліматичних умовах. У регіонах, де спостерігаються великі коливання температури, висока теплоємність товстих глинобитних стін допомагає регулювати внутрішню температуру, зберігаючи в будівлях прохолодніше протягом дня, а потім вночі повільно вивільняючи поглинене тепло. Вікна, як правило, маленькі і глибоко вставлені в товсті стіни, пропускаючи лише непрямі сонячні промені в будівлю. Цей тип будівлі покладається на ізоляцію, щоб скористатися перевагами провідності та випромінювання, що точно протилежно тому, як працює будиночок для дробовика. Подібні приклади демонструють, що стійкі будівлі не мають єдиного рішення, а найкращі стратегії повинні враховувати розташування та використання будівлі.

Одним з найбільших дизайнерських рішень в сучасному енергоефективному будівництві є скління, або вікна. Залежно від географічного розташування, північні вікна можуть бути переважні перед південними, а вікна на східних або західних стінах можуть мати більш помірний вплив на навантаження на опалення та охолодження. Вікна загалом мають набагато меншу теплоізоляцію, ніж стіни, але вони також пропускають сонячне світло, а отже, і тепло. У системі з домінуванням охолодження північні вікна можуть покращити продуктивність, пропускаючи світло і знижуючи витрати на освітлення, але не викликаючи надлишкового додавання тепла в систему сонячним випромінюванням. Було доведено, що природне світло, крім зниження витрат на освітлення, покращує настрій і комфорт людей, а також може підвищити продуктивність на робочих місцях. Одним із

поширених способів скористатися перевагами непрямих сонячних променів, які освітлюють кімнату, але не перегрівають її, є затінення вікон. У північному кліматі, де будівлі, як правило, обігріваються, бажано більше прямих сонячних променів, але великі вікна з усіх боків втрачають велику кількість тепла через теплопровідність.

3.2. Енергоефективні будівлі для країн другого та третього світу

Енергоефективні будівлі особливо важливі в країнах, що розвиваються. Хоча енергоефективність може запропонувати лише невелику економічну перевагу для власників будинків у розвинених країнах, вона може становити значну частину сімейних витрат в інших частинах світу. Наприклад, у столиці Нікарагуа, електроенергія коштує $0,19/кВт-год, на середній дохід у $370. Для порівняння, електроенергія в США коштує в середньому $0,12/кВт-год, а річний дохід в середньому 46 800$. Електрика часто просто недоступна в країнах, що розвиваються, тому пасивні методи опалення, охолодження, вентиляції та освітлення можуть бути єдиним варіантом і повинні використовуватися якнайбільше. Такі стратегії, як товсті глинобитні стіни в пустельному кліматі були розроблені з необхідністю до того, як центральне опалення та кондиціонування повітря стали широко доступними, і їх можна було легко реалізувати в країнах, що розвиваються з подібним кліматом. Незважаючи на те, що різні кліматичні умови мають різні вимоги до будівель, усі можуть отримати користь від природного освітлення за рахунок скління, яке ефективно розміщено та має розміри, що було метою моделювання для цього звіту.

Згідно з опитуванням Всесвітньої ради зеленого будівництва 2019 року, глобальна активність зеленого будівництва зростає і, як очікується, суттєво зросте до 2021 року. 47% респондентів сказали, що планують побудувати понад 60% зелених проектів у 2022 році, що зросло. з 27% у 2019 році. Це походить від нещодавнього усвідомлення того, що зміна клімату є більш неминучою загрозою, ніж вважалося спочатку, але це також є розумним

фінансовим рішенням, оскільки додаткові інвестиції в зелену будівлю мають термін окупності, який постійно скорочується. . У цьому ж звіті зазначено, що 30% респондентів очікують Збільшення вартості активів зелених будівель на 10% у 2019 році. Країни в опитуванні, які зараз лідирують за відсотком зеленого будівництва, – це Австралія, Китай (Гонконг) та Ірландія. ОАЕ стверджують, що в 2022 році вони будуть на першому місці, а Австралія, Норвегія та Іспанія будуть позаду. Лише 17% респондентів очікують, що до 2022 року майже не залучатимуться до екологічних питань. Більшість із цих екологічно чистих проектів будуть новими комерційними будівлями, але більше половини зелених проектів у США – це реконструкція існуючих будівель. Це збільшення намірів зеленого будівництва пояснюється підвищенням обізнаності, екологічними нормами та зниженням експлуатаційних витрат. Більш здорові будівлі є ще одним аспектом стійкості, який нещодавно було виявлено. Будівлі з кращим освітленням, вентиляцією, кращим оглядом і контролем за мешканцями призводять до значно здоровіших і продуктивніших мешканців, а також залучають кращих співробітників і дають їм ще одну причину залишатися вдома.

У 2012 році 76% респондентів вказали вищі перші витрати як найбільшу перешкоду для зеленого будівництва. У 2019 році ця цифра знизилася до 49%, що свідчить про те, що ми наближаємося до переломної точки, коли стає загальновизнаним, що зелене будівництво є фінансово та екологічно стійким рішенням. На додаток до занепокоєння з приводу перших витрат, деякими основними перешкодами є відсутність політичної підтримки, брак освічених спеціалістів із зелених питань та недостатня поінформованість громадськості.

Хоча енергоефективні будівлі закріплюють своє місце в нових технологіях у розвинутих країнах, вони ще важливіші в країнах, що розвиваються. Багато стратегій енергозбереження передбачають пасивне опалення, охолодження та вентиляцію, а також використання природного світла. Стратегії енергозбереження в сучасних будівлях часто виходять із

традиційних методів забезпечення комфорту мешканців, які використовувалися протягом століть.

Оскільки будівельна індустрія переходить до більш стійкого будівництва, енергетичне моделювання стало більш поширеним кроком у процесі проектування. При генеративному проектуванні моделі керуються рівняннями та співвідношеннями, щоб їх можна було легко коригувати та оновлювати, що робить аналіз енергії можливим і корисним протягом усього процесу проектування, навіть коли модель змінюється. Генеративний дизайн був значною мірою підтриманий генетичними алгоритмами, які по суті забезпечують виживання процесу відбору найоптимальніших і комбінують варіації в межах параметрів набору користувача для певної кількості «поколінь», щоб знайти оптимальне рішення.

3.3. Аналіз отриманих результатів за допомогою програмного забезпечення для проектування енергоефективних будівель

За допомогою програмного забезпечення для проектування енергоефективних будівель здійснено аналіз, щоб показати деякі основні функції. Прямокутники, намальовані в Dynamo є стінами будівель. Для цілей цього дослідження Фігура 1 мала постійне положення, але висоту, що змінюється. Фігура 2 і Фігура 3 розрізнялися за положенням у просторі та за висотою.



Рис. 3.2 Візуалізація фігур

Refinery використовувався визначення розміру, мінімальної площі поверхні. Це корисно для будівель з обмеженими ресурсами, оскільки співвідношення площі поверхні до обсягу значно впливає на теплові або охолоджуючі навантаження.

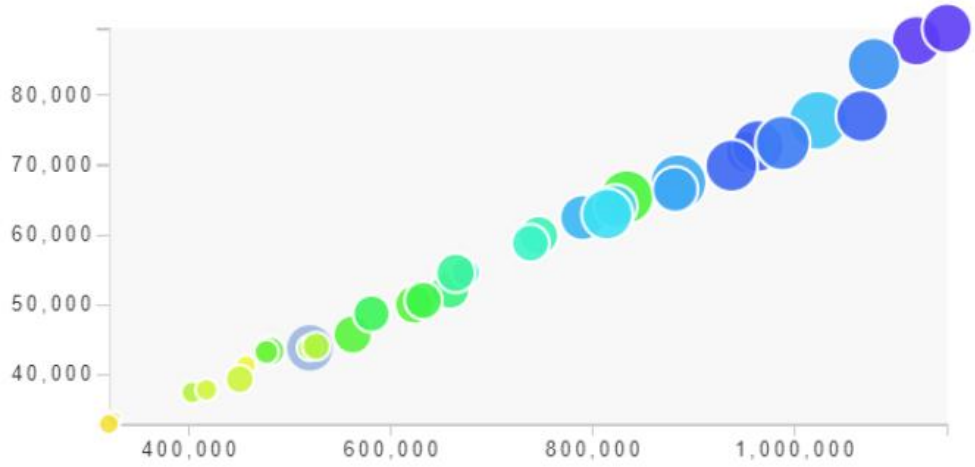


Рис. 3.3 Графік

Графік (рис. 3.3), показує взаємозв'язок між наступними змінними: загальний обсяг, загальна площа поверхні, висота фігури 1, і фігури 2. В даному випадку не існує конкретної шкали для кольорів і розмірів, тому вона служить лише для демонстрації кореляції або її відсутності . Великі числа представлені більшими кружками, а менші кружки – меншими числами. Змінні, позначені кольором, показані синім, коли вони великі, переходять у колірну гаму від зеленого до жовтого, потім помаранчевого та червоного для менших чисел.

У цьому випадку існує кореляція між загальною площею поверхні осі Y і об'ємом осі X, як показано точками, збільшеними по обох осях. Значення висоти C1 показує розміром, а висоту C2 методом кольору точок даних. Ці точки показують, що збільшення висоти збільшує розмір та площу будівлі

Цей аналіз може бути концептуально корисним, але в Dynamo використовується проста геометрія, а не фактична з програми Revit. Кінцевою метою був Revit, де можна було б змінити параметри за допомогою Dynamo, а потім виконати аналіз денного світла за допомогою візуалізації. В результаті

аналізу денного освітлення була створена сітка з колірною шкалою, заснованого на процентному рівні люксів від зовнішнього світла, що досягає кожного квадрата, також відомого як коефіцієнт денного світла. У цій моделі використовувалося хмарне небо. Це означає, що його можна охарактеризувати тільки за допомогою розсіяного горизонтального освітлення, яке дорівнює 10 000 люкс. Фактично модель працює при повному денному світлі з яскравим похмурим небом, але без прямого сонячного світла. Через це орієнтація та розташування будівлі не враховуються. Фактори денного світла також значно простіше обчислити, ніж фактичні люкси на основі моделі неба, що робить цю стратегію більш придатною для генетичних алгоритмів, що виконуються на персональному комп'ютері з низькою обчислювальною потужністю.

Щоб застосувати генетичні алгоритми до аналізу денного світла, спочатку в Revit було створено просту будівлю з вікнами. За допомогою повзунка Dynamo користувач міг змінювати висоту, ширину і вертикальне положення вікон. Ці змінні були встановлені як вхідні дані в Refinery. Параметр «Ширина» встановлений на 1500 мм. Одиниці вимірювання в Dynamo відповідають тому, що користувач вибрав Revit. У цьому звіті використовувалися міліметри.

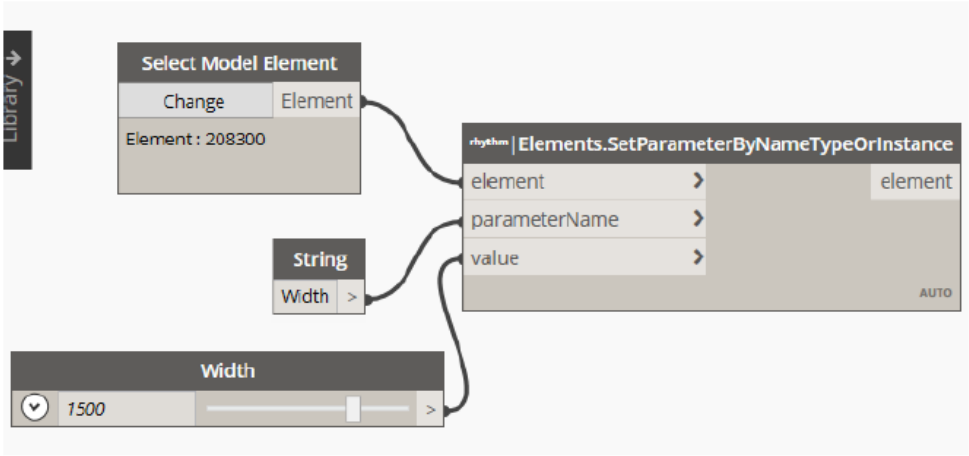


Рис. 3.4 Налаштування параметрів, що використовуються

Отримані результати освітлення були використані в Refinery для проектування будівлі з максимальною кількістю природного освітлення,

зберігаючи при цьому площу вікон якнайменше, щоб мінімізувати витрати на опалення та охолодження в різних кліматичних умовах. Це було зроблено за допомогою коду, який підраховував кількість точок сітки з коефіцієнтом денного світла понад 2%. Це значення було обрано, тому що BREEAM (Метод екологічної оцінки будівельних досліджень), код сталого розвитку LEED, вимагає 2%-ного коефіцієнта денного світла в 80% площі приміщення.

У Dynamo за допомогою параметрів користувач може змінювати розмір вікна. Також написаний код для підрахунку кількості квадратних метрів сітки над певним рівнем природного освітлення. Потім як вхідні дані були задані висота і ширина вікна, а як вихідні дані в Refinery були задані кількість просторів сітки і загальна площа вікон. Мінімізація площі вікон при максимальному використанні решіток з прийнятним освітленням знизить витрати на електроенергію та зробить будівлю більш тепло ефективною через нижчі значення ізоляції вікон, ніж стін, особливо в різних кліматичних умовах по всій Україні, де гіпотетично буде розміщена будівля. Це також допоможе у спекотному кліматі, де надмірне скління може призвести до того, що будівля буде працювати як теплиця, і стане неприємно спекотною.

Початкові значення для висоти та ширини вікна були встановлені дуже високими – 1400 мм та 1000 мм, у демонстраційних цілях. Темно-сині квадрати являють собою області з низьким рівнем природного освітлення, а червоні квадрати мають найвищі рівні, як показано в шкалі освітлення. Лічильник показав, що 231 з 432 сіток мали коефіцієнт денного світла 2% або вище. Ціль полягала в тому, щоб максимально збільшити кількість цих квадратів з коефіцієнтом денного світла 2% або вище, зберігаючи при цьому якомога меншу загальну площу вікна.

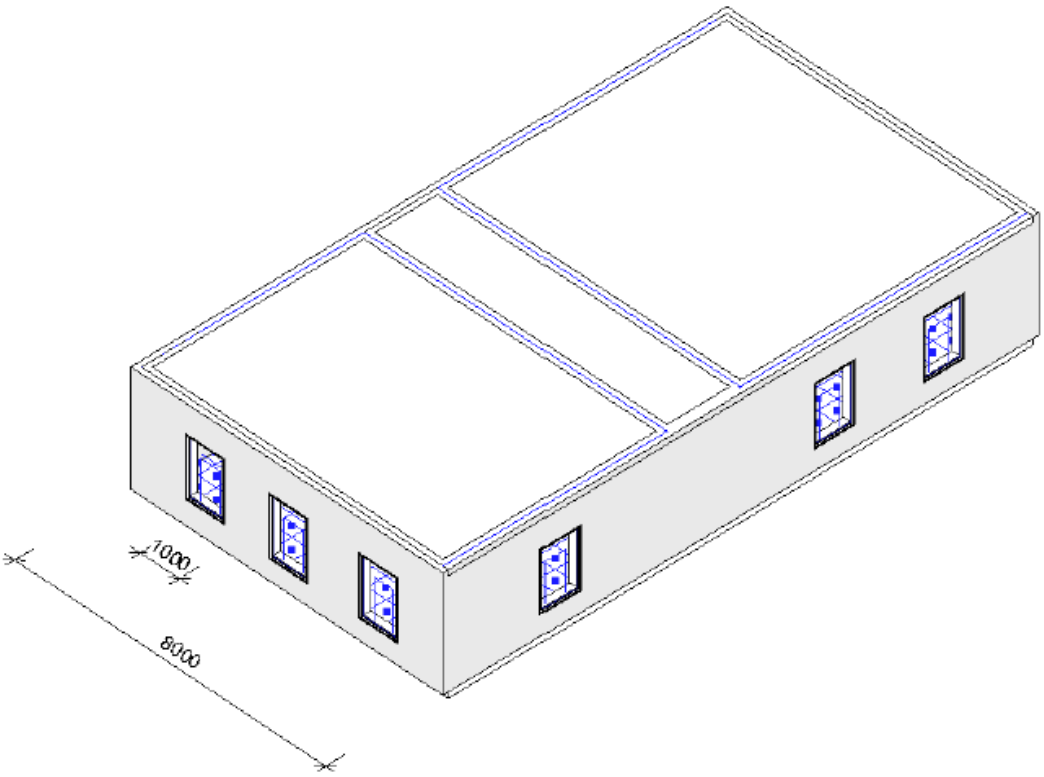


Рис. 3.5 Модель будівлі в Revit

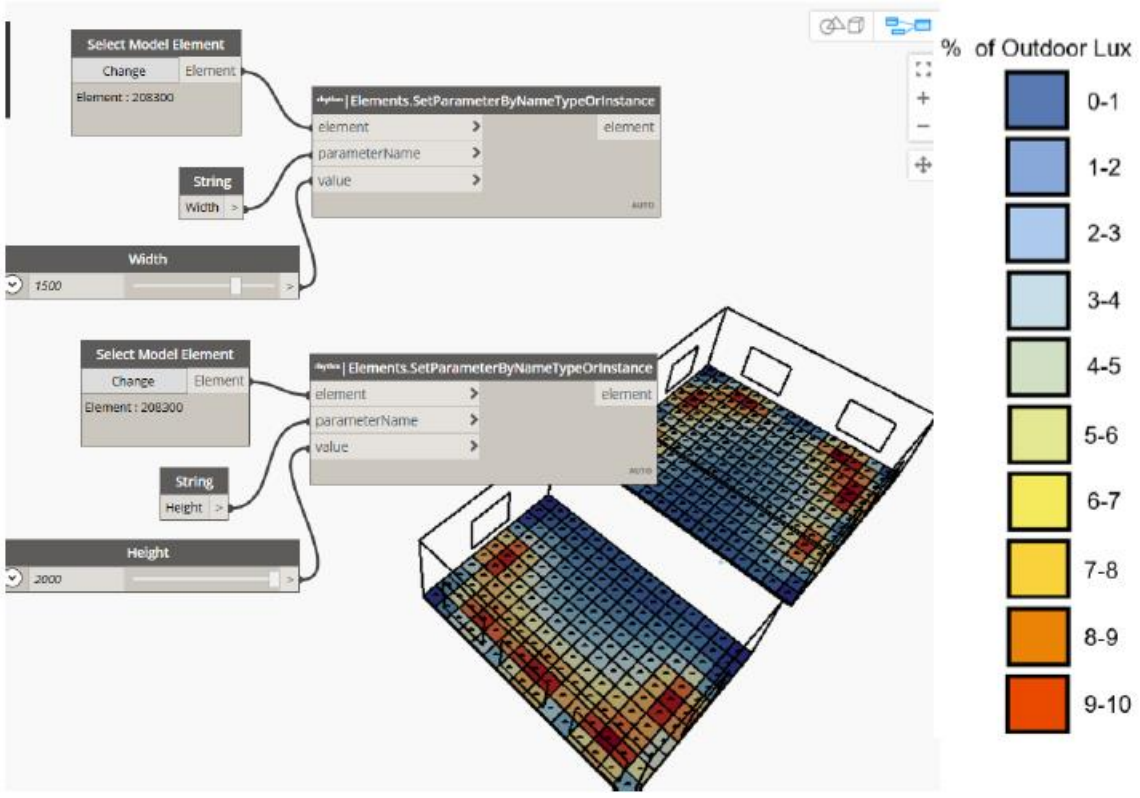


Рис. 3.6 Результати з вікнами розмрів 1500 мм и 1000 мм

На наступному етапі висота та ширина вікна були встановлені в Dynamo на 900 мм та 500 мм відповідно. Цю зміну можна побачити у моделі Revit (див. рис. 3.6).

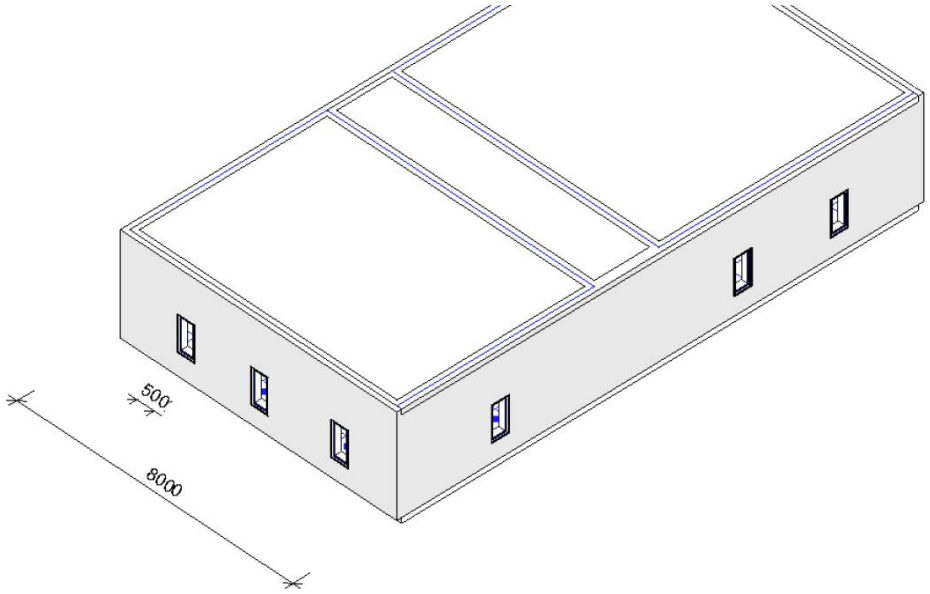


Рис. 3.7 Модель будівлі з вікнами 1000 мм и 500 мм

Результати можна побачити на рисунку 3.7, де кольорова сітка показує менше освітлених квадратів, що відповідає меншому розміру вікна. Результат склав 56 разів з коефіцієнтом денного світла вище 2%. Моделювання також проводилося з вікнами 0,5 м х 0,5 м, що дало 24 комірки сітки з бажаним коефіцієнтом денного світла або вище.

Ця програма потрібна, щоб знайти оптимальні розміри вікон для цієї будівлі. Використання цих трьох програм разом є великим потенціалом, якщо розробники могли інтегруватися між ними, і це могло бути корисним інструментом у промисловості чи для студентів, якщо він був запропонований у готовому пакеті.

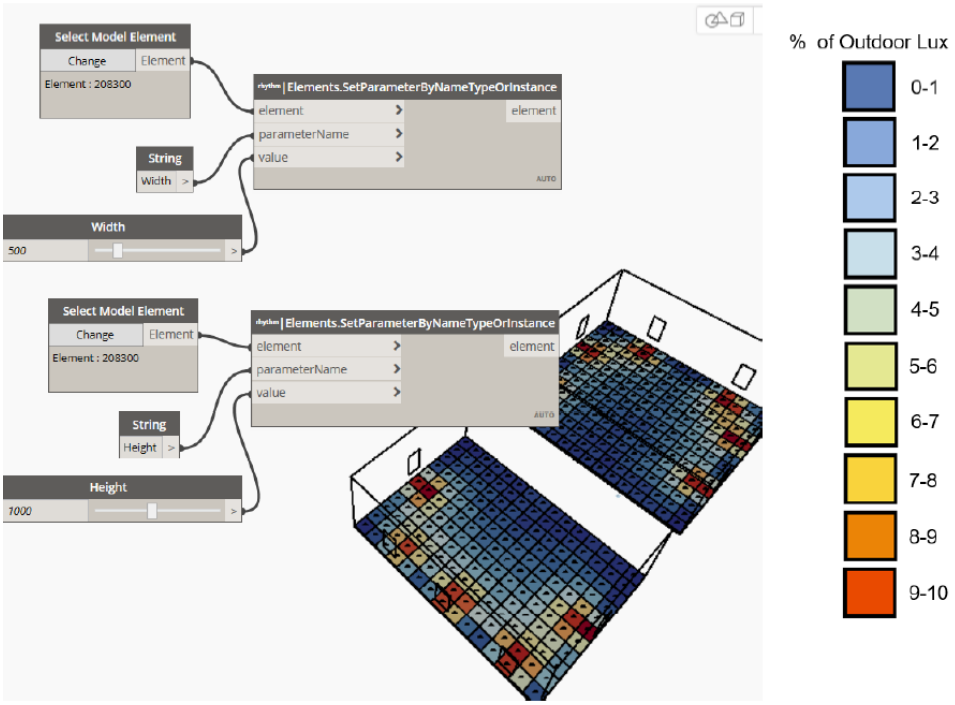


Рис. 3.8 Результати з вікнами розмірів 1000 мм и 500 мм

ВИСНОВКИ

В ході виконання дипломної роботи було продемонстровано використання генеративного дизайну у задачі визначення розміру вікна при формування дизайну кімнати з метою збалансування освітлення та втрат тепла.

Хоча такий підхід ще є дуже громіздким при проектуванні однієї будівлі, перевага методу полягає в тому, що після налаштування він може виконати подібний аналіз, щоб знайти найефективніші рішення в інших аспектах проектування будівлі. Цей модульний підхід, який дозволяє приймати дизайнерські рішення на початку процесу, є ядром генеративного проектування.

Деякі переваги програмного забезпечення з відкритим кодом також є його найбільшою невдачею. Багато програм і плагінів, які використовуються в цієї роботі, все ще знаходяться в бета-версії, і іноді, коли виходять оновлення для однієї, це викликає проблеми з сумісністю. Робочий процес, який обговорюється в цієї роботі, досягне свого повного потенціалу, коли буде знайдено баланс між гнучкістю та надійністю системи. Корисно мати доступ до коду та плагінів, написаних дослідниками з усього світу, але дуже важко підтримувати безперебійну роботу всіх необхідних компонентів без керівного органу, який гарантує, що всі компоненти сумісні в кожному випуску.

Наше дослідження показало, що генетичні алгоритми в енергоефективних будівлях є потенційно корисним інструментом проектування, але також вказує на те, що потрібно випустити більш відшліфовані та надійні програми, перш ніж ця технологія зможе дати реальні результати.

Багато програм і модулів, що підключаються, можуть бути корисні широкому колу людей, оскільки в цьому процесі використовуються в основному надбудови з відкритим вихідним кодом до стандартного галузевого програмного забезпечення, він буде особливо корисний для невеликих

компаній і стартапів і гнучкими процесами проектування. Це дозволить користувачам та дослідникам самостійно використовувати генетичні алгоритми для пошуку оптимальних рішень багатогранних проблем проектування, з якими вони стикаються при проектуванні екологічно безпечних будівель, хоча генетичні алгоритми можуть бути корисними в енергоефективному проектуванні будівель, ці програми ще не повністю розроблені та їх важко використовувати без глибоких базових знань і вільного володіння Python через проблеми, пов’язані з несумісністю між версіями програмного забезпечення.

Таким чином, у роботі

1) зроблено огляд літератури в галузі генеративного дизайну;
2) проведено критичний аналіз теоретичних та числових методів використання методів генеративного дизайну в фізиці та енергетиці;
3) проведено дослідження використання штучного інтелекту в задачах конструювання та дизайну;
4) обрано низку алгоритмів використання методів штучного інтелекту в задачах генеративного дизайну;
5) проведено обчислювальний експеримент використання генеративного дизайну для задач енергоефективності.

За результатами дослідження можна зробити такий висновок:

Наше дослідження показало, що генетичні алгоритми в енергоефективних будівлях є потенційно корисним інструментом проектування, але також вказує на те, що потрібно розробити більш гнучкі та ефективні алгоритми, перш ніж ця технологія зможе дати реальні результати. Однак, використання генеративного дизайну, безумовно, дасть можливість дослідникам самостійно використовувати генетичні алгоритми для пошуку оптимальних рішень багатогранних проблем проектування, з якими вони стикаються при проектуванні екологічно безпечних та енергоефективних будівель.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Каршакова Л.Б. Генеративный дизайн в индустрии моды / Л.Б. Каршакова, А.М. Серков, М.А. Груздева
2. Декоративное искусство и предметно-пространственная среда. Вестник МГХПА. – М., 2018. – № 1-2. – С. 138-144.
3. Абрагин А.В. Генетический алгоритм обучения искусственных нейронных сетей // Потенциал современной науки. – Липецк, 2015.
4. Generative Design: Visualize, Program, and Create with Processing / Bohnacker Hartmut, Gross Benedikt, Abrams, 2012.
5. “Open Source Graphical Programming for Design.” Dynamo BIM, Autodesk, 2016.
6. World Green Building Trends 2018. Dodge Date & Analytics, 2018, World Green Building Trends 2018.
7. Rodrigues Ferreira da Rocha, Catarina. “Generative Design for Energy Efficiency Energy Analysis and Optimization.” Lisboa Technical University, 2017
8. Artificial Intelligence in the Power Sector By Baloko Makala and Tonci Bakovic, 2020
9. Next-Gen Industrial AI in Energy Sector by Siemens AG, 2020
10. AI in Power Systems and Energy Markets, Intelligent Systems, IEEE, May 2011
11. Інтернет ресурс: https://www.breeam.com/domrefurbmanual/content/05hea/hea_01_daylighting.htm
12. Інтернет ресурс: https://www.breeam.com/BREEAMUK2014SchemeDocument/content/05_health/hea01_nc.htm

13. Інтернет ресурс: https://www.worldgbc.org/sites/default/files/World%20Green%20Building%20Trends%202018%20SMR%20FINAL%2010-11.pdf
14. Інтернет ресурс: https://github.com/ladybug-tools
15. Інтернет ресурс: https://www.autodesk.com/autodesk-university/article/Energy-Analysis-Revit-Insight-and-Green-Building-Studio-2020