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

«Фізичні аспекти переходу від смарт-будівлі до смарт-міста»

Виконав: студент 2 курсу, групи НФ-63
Катцин М.О.
спеціальність:
105 Прикладна фізика та наноматеріали
освітня програма: Прикладна фізика
енергетичних систем
Керівник: ст.викладач Віхтинська Т.Г.
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) магістр

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)

Катцин Максим Олександрович

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 вирішити:

1) зробити огляд літератури, теоретичних та числових методів визначення ефективності систем смарт-міста та смарт-будівлі

2) описати складові частини та модулі систем, що поєднують системи смарт-міста та смарт-будівлі

3) визначити основні фізичні проблеми створення та поєднання систем смарт-міста та смарт-будівлі;

4) розробити алгоритми та методи рішення проблем переходу від смарт-будівлі до смарт-міста за допомогою методів сучасної фізики.

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 _____ Максим КАТЦИН
підпис

Керівник роботи _____ Тетяна ВІХТИНСЬКА
підпис

РЕФЕРАТ

Катцин Максим «Фізичні аспекти переходу від смарт-будівлі до смарт-міста». Кваліфікаційна робота магістра з прикладної фізики. – Х.: ХНУ імені В. Н.Каразіна, 2021. – 51 с.

«Смарт-місто» – це успішна концепція, суть якої полягає у створенні мереж, що з'єднують між собою різні сутності (фізичні об'єкти, людей, пристрої, камери, датчики, сервери управління тощо) що забезпечують комфорт мешканців і істотно змінюють вигляд сучасного міста. Технології «смарт-будинок» також набирають популярності, і багато відомих компаній працюють над покращенням цієї технології та створенням зв'язку з розумним містом. Однак між розумними будинками та розумними містами було мало фізичного, цифрового чи теоретичного зв'язку. Уряди, підприємства та громадяни все частіше розглядають розумний будинок як очевидну ланку, що бракує, у створенні, розширенні та поліпшенні розумних міст.

Основні проблема об’єднання «смарт-будинків» у «смарт-міста» - наявність величезної кількості датчиків, які необхідні для визначення великої кількості параметрів: обсягу споживання електроенергії, даних про температуру повітря, умов довкілля, якості повітря, рівня шуму та інформації про завантаженість місць для паркування. Ці датчики є фізичними приладами та їх якісна та узгоджена робота є однією з проблем, що потребує вирішення.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: РОЗУМНЕ МІСТО, РОЗУМНИЙ ДОМ, АЛГОРИТМИ, , ІННОВАЦІЇ, ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ, СІНЕРГЕТИЧНЕ ПОЄДНАННЯ

РЕФЕРАТ

Катцын Максим «Физические аспекты перехода от смарт-здания к смарт-городу». Квалификационная работа магистра прикладной физики. - Х.: ХНУ имени В.Н.Каразина, 2021. - 51 с.

«Смарт-город» – это успешная концепция, суть которой заключается в создании сетей, соединяющих между собой разные сущности (физические объекты, людей, устройства, камеры, датчики, серверы управления и т.п.), обеспечивающие комфорт жителей и существенно изменяющие вид современного города. Технологии «смарт-дом» также набирают популярность, и многие известные компании работают над улучшением этой технологии и созданием связи с умным городом. Однако между умными домами и умными городами было мало физической, цифровой или теоретической связи. Правительства, предприятия и граждане все чаще рассматривают разумное здание как недостающее недостающее звено в создании, расширении и улучшении умных городов.

Основные проблема объединения «смарт-домов» в «смарт-городе» - наличие огромного количества датчиков, необходимых для определения большого количества параметров: объема потребления электроэнергии, данных о температуре воздуха, условиях окружающей среды, качества воздуха, уровня шума и информации о загруженность парковочных мест. Эти датчики являются физическими приборами и их качественная и согласованная работа является одной из проблем, требующих решения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: УМНЫЙ ГОРОД, УМНЫЙ ДОМ, АЛГОРИТМЫ, ИННОВАЦИИ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ, СИНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ.

ABSTRACT

Kattsyn Maxim “Physical aspects of the transition from a smart building to a smart city”. Qualification work of the master of applied physics. - Kharkiv: V.N. Karazin KhNU, 2021. - 51 p.

"Smart City" is a successful concept, the essence of which is to create networks that connect different entities (physical objects, people, devices, cameras, sensors, control servers, etc.) that provide comfort to residents and significantly change view of the modern city. Smart home technologies are also gaining popularity, and many well-known companies are working to improve the technology and connect with a smart city. However, there was little physical, digital, or theoretical connection between smart homes and smart cities. Governments, businesses and citizens are increasingly seeing the smart home as an obvious link in the creation, expansion and improvement of smart cities.

The main problem of combining "smart homes" into "smart cities" is the presence of a huge number of sensors that are needed to determine a large number of parameters: electricity consumption, air temperature data, environmental conditions, air quality, noise level and information about occupancy of parking spaces. These sensors are physical devices and their high-quality and coordinated operation is one of the problems that needs to be solved.

KEY WORDS: SMART CITY, SMART HOUSE, ALGORITHMS,, INNOVATION, ENERGY EFFICIENCY, SINERGY JOINING

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1. ІСНУЮЧИЙ СТАН ТЕХНОЛОГІЙ “СМАРТ МІСТО»	9
1.1. Визначення терміну «розумне місто»	9
1.2. Базові технології «розумного міста»	10
1.3. Проблеми розумних міст	11
1.4. Основні напрями майбутніх досліджень	13
1.5. Можливості, які обумовлюють дослідження	16
1.6. Проблеми, які стають перед дослідженнями	17
1.7. Специфіка розробки розумних міст	19
1.8. Ключові теми дослідження та очікувані результати	20
2. ТЕХНОЛОГІЯ «СМАРТ-БУДИНОК» ЯК СКЛАДОВА ЧАСТИНА «СМАРТ-МІСТА»	24
2.1. Виникнення поняття «смарт-будинок»	24
2.2. Розвиток технологій «смарт-будиноків	25
2.3. Шляхи майбутнього розвитку	28
3. ПРОБЛЕМИ ПОЄДАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ «СМАРТ БУДІВЛІ» та «СМАРТ МІСТА»	30
3.1. Недоліки визначень розумного міста і будівлі	30
3.2. Переміщення фокусу на розумне життя	33
3.3. Нові визначення розумного міста та дому	34
3.4. Ефективність колективного використання теплової енергії	35
3.5. Ефективність використання поновлювальних джерел енергії	36
3.6. Ефективність колективного використання електроенергі	39
4. ВИСНОВКИ	49
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	50

ВСТУП

Актуальність теми. Завдяки прогресу апаратних технологій, розумні середовища вже проникають у багато просторів нашого повсякденного життя. Розумні будинки, розумні будівлі та ще більші об’єднання, такі як аеропорти, лікарні чи університетські містечка, вже оснащені безліччю мобільних терміналів, вбудованих пристроїв, а також підключених датчиків і приводів. Безумовно, що в таких умовах розумне середовище відіграє вирішальну роль у подоланні викликів урбанізації та демографічних шансів, наприклад. щодо сталого розвитку, розподілу енергії**,** мобільності, охорони здоров’я або громадської безпеки. Основною **метою** роботи є поєднання ідей розумного міста та розумних будівель, визначити суто фізичні проблеми, та запропонувати шляхи вирішення цих проблем. Для досягнення поставленої мети визначені **задачі**: визначити доцільність систем розумного міста та розумного дому та їх потенціал; навести інновації комбінації систем розумне місто – розумний будинок та визначити переваги та недоліки даної системи.

Об’єкт дослідження – формування ідеї розумного міста зі складових систем розумних будинків.

Предмет дослідження – фізичні проблеми, що виникають при поєднанні ідей розумного міста та розумної будівлі, та ляхи їх вирішення

Новизна одержаних результатів – вперше використано модель пошуку оптимальних параметрів для розподіленої системи енергопостачання.

Практичне значення отриманих результатів: Досліджено новий підхід у концепції розумного будинку та розумного міста, який полягає в синергетичному об'єднанні цих понять, коли ціле це набагато більше, ніж сума складових частин.

Структура і обсяг роботи. Магістерська робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 49 сторінки, із них основного тексту 51 сторінки, 6 рисунків за текстом, 2 таблиці, список використаних джерел із 19 найменувань на 2 сторінках.

1. ІСНУЮЧИЙ СТАН ТЕХНОЛОГІЙ “СМАРТ МІСТО»

1.1. Визначення терміну «розумне місто»

Термін «розумне місто» (smart city) вперше використали у 1994 р., коли основна увага приділялася застосуванню нових інформаційно-комунікаційних технологій (далі – ІКТ) стосовно нової міської інфраструктури. Каліфорнійський інститут інтелектуальних спільнот (California Institute for Smart Communities) був одним із перших, хто зосередився на тому, як спільноти можуть стати розумними і як місто може бути спроектоване для успішного впровадження ІКТ .

Таким чином, основним поняттям розумного міста треба вважати відкрите ефективне управління, що базується на використанні інноваційних технологій, якими розумно користуються жителі міста. Сьогодні розумне місто – це багатоцільове поняття, що об’єднує велику низку деколи суперечливих один одному визначень. У визначенні Європейської комісії «…розумне місто – це місце, де традиційні інфраструктура та послуги стають більш ефективними завдяки використанню цифрових технологій на користь його мешканців та бізнесу» .

Однак зараз для більш ефективного використання ресурсів та скорочення викидів розумне місто вже виходить за рамки використання тільки цифрових технологій, що означає раціональніші міські транспортні мережі, модернізовані системи водопостачання та видалення відходів, а також більш ефективні способи освітлення та обігріву будівель. Це також означає більш інтерактивну та гнучку міську адміністрацію, більше безпечні громадські місця та задоволення потреб старіючого населення.

Відповідно до поняття «розумне місто» часто позначається «…застосування інформаційно-комунікаційних технологій з їх впливом на людський капітал/освіту, соціальний та реляційний капітал та екологічні проблеми».

Наведемо й інші визначення поняття «розумне місто», концепція якого більше не обмежується ІКТ, а розглядає потреби людей та спільноти.

«Місто, яке контролює та інтегрує роботу всіх своїх критичних інфраструктур, включаючи дороги, мости, тунелі, рейки, метро, аеропорти, морські порти, комунікації, водо- та електропостачання, навіть великі будівлі, що вміє оптимізувати свої ресурси, планувати профілактичні заходи та контролювати безпеку, при цьому максимізуючи корисність послуг для своїх громадян».

1.2. Базові технології «розумного міста»

Розглянемо базові технології розумних міст, які задіяні в будівництві і як вони можуть допомогти досягти кінцевої мети перетворення сучасних міст у справді розумні міста майбутнього.

1. Потужна мобільна мережа за технологією 5G, тому що існуючі мережі 3G/4G вже не в змозі впоратися з потребами передових технологій, що використовуються в розумних містах.

2. Інтернет речей. Більша частина всього, з чим ми сьогодні контактуємо, має датчики, які збирають і передають дані в хмарні сервіси. Датчики вбудовані в кожний фізичний пристрій, включений в екосистему інтернету речей, який поєднує пристрої, інтелектуальні побутові прилади, медичне обладнання, транспортні засоби, світлофори, зупинки громадського транспорту, системи інтелектуальних розваг, розумні будинки, системи розумного обліку електроенергії, прилади для виявлення витоків шкідливих речовин та забруднення води та повітря. Все, що є частиною розумного міста, пов'язане один з одним через широкосмугової мережі.

3. Технології геолокації, що забезпечують базову основу, на якій може бути збудовано будь-яке рішення для розумного міста. Це пов'язано з тим, що планування в розумних містах вимагає точності, ретельного аналізу, а також використання достовірних джерел інформації, які постійно змінюються даних

про розташування об'єктів. Геопросторові технології забезпечують збір та аналіз численних даних.

4. Величезний обсяг даних, що генеруються розумним містом, не є корисним без використання штучного інтелекту (ШІ) для його обробки. Використання ІІ дозволяє муніципалітету мати точне уявлення про те, як працює місто. ІІ допомагає у плануванні маршрутів громадського транспорту та розташування паркувань; безпечної інтеграції до міської транспортної мережі автономних автомобілів та автомобілів спільного користування; управління системами електро- та водопостачання, вивезення та утилізації відходів; надання персональних медичних, освітніх та поштових послуг (у тому числі доставки товарів дронами) [1].

5. Інтеграція роботів у міську інфраструктуру швидко перетворює деякі з найбільш технологічно просунутих міст у справжні розумні міста. Такі міста, як Дубай, Токіо. і Сінгапур є прикладами того, як роботи можуть співіснувати з людьми в реальному світі.

6. Розвитку розумних міст сприяють імерсивні технології, такі як віртуальна реальність і доповнена реальність, що є ключовим компонентом четвертої промислової революції. І, нарешті, важливу роль у поєднанні всіх сервісів розумного міста з метою підвищення безпеки та прозорості обслуговування грає інтеграція в розумні міста технології блокчейн, яка може бути використана в контрактах, що самовиконуються, або смарт-контрактах, що дозволяють здійснювати надійні та прозорі транзакції без необхідності у посередництві третьої. сторони. Це робить процес простішим, дешевшим, безпечнішим і набагато швидшим.

1.3. Проблеми розумних міст

Крім прогресивних технологій, зарубіжні дослідники також активно аналізують проблеми, з якими стикаються сьогодні розумні міста. Серед них такі:

• Інфраструктура. Основний фактор, який гальмує розвиток розумних міст, - це успадкована велика і місцями застаріла інфраструктура, з якою доводиться якось інтегруватися. Нерідко виникають різні складності: стару водопровідну систему не можна забезпечити розумними датчиками; не всі світильники інтегруються із датчиками освітленості; іноді доводиться все зносити і будувати заново, але такий підхід не завжди можна застосувати і виправдати з фінансової точки зору;

• Безпека. У міру розширення використання інтернету речей та сенсорних технологій збільшується і рівень кібернетичних загроз безпеки міста. Все більше турбують і примушують скептично ставитися до розумних технологій загрози кібертероризму по відношенню до вразливих та застарілих енергосистем. Розумні міста змушені вкладати все більше грошей і ресурсів у безпеку, у механізми захисту від злому та кіберзлочинів;

• Конфіденційність. У будь-якому великому місті існує баланс між якістю життя і вторгненням у приватне життя. У той час як усі хочуть насолоджуватися більш зручним, спокійним і здоровим навколишнім середовищем, ніхто не хоче відчувати, що вони постійно контролюються «Великим братом». Камери, встановлені на кожному перехресті, можуть допомогти стримувати злочинність, але вони також провокують розвиток параної у законослухняних громадян: жителів розумного міста біс спочиває величезний обсяг даних, що збираються з усіх інтелектуальних датчиків, і проблеми їх подальшого використання;

• Навчання. Щоб розумне місто справді існувало і процвітало, йому потрібні розумні громадяни, які активно користуються новими технологіями. Життєво важливо, щоб розумне міське планування включало в себе облік всіх груп людей, а не лише багатих та технологічно просунутих. Технології завжди повинні працювати на те, щоб об'єднувати людей, а не роз'єднувати їх ще більше за рівнем доходів чи освіти.

1.4. Основні напрями майбутніх досліджень

В базовій статті [2], в якій розглядається основні напрямі досліджень, що необхідні для сталого розвитку розумних міст і об'єднання розумних будівель в такі міста, було запропоновано сім загальних галузей:

1. Інтегровані бази даних для розумного міста, розпізнавання, створення мереж та впливу нових соціальних мереж;
2. Моделювання продуктивності мережі, мобільність і поведінка в подорожах;
3. Моделювання міського землекористування, транспорту та економічної взаємодії,
4. Моделювання міської трансакційної діяльності на ринках праці та житла;
5. Підтримка прийняття рішень як міський інтелект,
6. Громадське управління
7. Планувальні структури для розумного міста.

Розглянемо, які проблеми з точку зору, наукових досліджень, зокрема фізичних, необхідні для втілення цих ідей в реальність.

Більшу частину 20-го століття ідея того, що місто може бути розумним, була науковою фантастикою , це було зображено в популярних ЗМІ, але досить раптово з масовим поширенням обчислювальних пристроїв у багатьох масштабах і з невеликою кількістю інтелекту будучи вбудованим у такі пристрої, перспектива того, що місто може стати розумним, швидко стає новою реальністю. Зближення інформації і комунікаційні технології створюють досить різні міські середовища від усього, що ми пережили досі. Міста стають розумними не тільки з точки зору того, як ми можемо автоматизувати рутинні функції, які обслуговують окремих осіб, будівлі, транспортні системи, але таким чином, щоб ми могли контролювати, розуміти, аналізувати і планувати місто для підвищення ефективності, справедливості та якості життя його громадян в режимі реального часу. Це змінює те, як ми можемо планувати в кількох часових масштабах, підвищення перспективи того, що міста можна зробити розумнішими в довгостроковій

перспективі завдяки безперервному відображення в короткостроковій перспективі.

Розумні міста часто зображують як сузір’я інструментів у багатьох масштабах які під’єднані кількома мережами, які надають безперервні дані про переміщення людей і матеріалів з точки зору потоку рішень про фізичну та соціальну форму міста. Однак міста можуть бути розумними, лише якщо вони є інтелектуальними функціями, які здатні інтегрувати та синтезувати ці дані для деяких цілей, шляхи підвищення ефективності, справедливості, стійкості та якості життя у містах.

Концепція розумного міста виникла протягом останнього десятиліття як злиття ідеї про те, як інформаційні та комунікаційні технології можуть покращити функціонування міст, підвищення їх ефективності, підвищення їх конкурентоспроможності та надання нових шляхів вирішення проблем бідності, соціальної депривації та поганого довкілля можуть бути розглянуті [3]. Суть ідеї зводиться до необхідності координувати та інтегрувати технології, які до цього часу розроблялися окремо один від одного, але мають явну синергію у своїй роботі та потребують поєднання щоб можна було реалізувати багато нових можливостей, які покращать якість життя.

Термін «розумне місто» насправді має багато облич [4]. Розумні міста, віртуальні міста, цифрові міста, інформаційні міста – це всі точки зору на ідею того, що ІКТ (інформаційно - комунікаційні технології) займають центральне місце функціонування майбутнього міста [1].

Основним напрямком нашого підходу є використання ІКТ для залучення громади різноманітні інструменти та ініціативи, які ґрунтуються на онлайн-залученні до вирішення проблеми ключові проблеми міст, використання видів комп'ютерних засобів, прийомів, методів та організаційні структури, які ми будемо досліджувати тут. Щоб зосередити наше дослідження, ми визначили сім цілей [5] та зараз розкриємо їх.

Нове розуміння міських проблем. Міста є складними системами, більше, ніж сума їх частин і розвивається через безліч окремих і колективні рішення знизу вгору і зверху вниз. Науки про складність є невід'ємною частиною їхнього розуміння, що є рухомою ціллю в самих містах стають складнішими через самі технології, які ми використовуємо для розуміння їх. Ми не лише створимо програму для Європи, щоб розширити наше розуміння як прелюдія до дій і рішень, але інтегрувати це як частину ширшого міжнародного зусилля.

Ефективні та здійсненні способи координації міських технологій. Швидке просування в вбудовувати інформаційні технології в саму тканину міста, водночас час використання цих технологій для інтеграції та додавання цінності до забезпечення міста послуги надають мандат для постійного розвитку нових методів. Це передбачатиме інтеграцію даних, програмного забезпечення та організаційних форм, які найкраще покращують ефективність та конкурентоспроможність середовища, в якому працюють міста.

Моделі та методи використання міських даних у просторовому та часовому масштабах. Багато дані, які генеруються в реальному часі в містах, потрібно об'єднати з іншими традиційні джерела перерізу, але побудовані на моделюванні, що пов'язує реальний час, більше рутинні проблеми до довгострокового стратегічного планування та дій. Багаторівнева інтегрована Таким чином, моделювання є ключем до цих зусиль.

Розробка нових технологій для комунікації та розповсюдження. Нові джерела міських даних, формулювання міських проблем, планів і політики, і всі апарати, які використовуються для залучення громади до розвитку розумних міст, потребує нової форми онлайн-участі з використанням новітніх ІКТ з точки зору розподіленого обчислення та найсучасніша взаємодія людини з комп'ютером (ВЛК).

Нові форми міського управління та організації. Нові способи реінжинірингу міст для того, щоб зробити їх розумними, чуйними, конкурентоспроможними та справедливими, знадобляться нові форми

управління для онлайнового світу. Питання конфіденційності та доступу є ключовими для цього бачення.

Визначення критичних проблем, що стосуються міст, транспорту та енергетики. ІКТ зосереджено на визначенні критичних проблем, які швидко і несподівано виникають у людини суспільства, деякі з яких розкривають критичні інфраструктури. Аналіз таких проблем і їх визначення має вирішальне значення для стійкості та стійкості розумних міст. Моделі та моделювання пов'язані зі швидкими змінами міст з ринку житла бульбашки від регенерації до етнічної сегрегації будуть досліджуватися з використанням нових підходів. Ідея про те, що міста далекі від рівноваги, переважає швидка та повільна динаміка у коротких і довгих циклах є центральним у підході, що пропонується.

Ризик, невизначеність і небезпека в розумному місті. Набагато більш обґрунтоване розуміння ризиків у міському суспільстві необхідно, що передбачає нові дані, нові технології, та нові колективні підходи до прийняття рішень. Наше уявлення про міста як сильно поєднані системи, які породжують несподівану та дивовижну динаміку, потрібно зрозуміти а впровадження нових технологій у міста змінює природу цієї динаміки, не обов’язково на краще. Наше прагнення в одному сенсі — розвиватися технології, які перехитрить розумне місто, передбачаючи таку динаміку. Майбутні і нові технології будуть ключовими для розвитку таких підходів.

1.5. Можливості, які обумовлюють дослідження

Ми стоїмо на порозі, коли починаємо розуміти нову інформацію та комунікацію технології, які будуть глибоко переплетені зі звичайним матеріалом технології протягом наступного десятиліття. Вже величезна кількість людей у світі мають смартфони, за допомогою яких вони можуть отримати доступ до онлайн-сервісів, і це зростає в близько 38 відсотків щороку.

Можливості розвитку розумних міст за допомогою мобільних та інших платформ у будь-якому просторовому масштабі та протягом дуже різних проміжків часу буде величезним, але справжня проблема полягає у впровадженні нових технологій, які будуть інтегрувати індивідуалізовані і місцеві технології, які швидко поширюються. Щоб була реальна синергія, ідея розумного міста з усіма його економічними та соціальними перевагами тільки стане реальністю якщо така координація спеціально спрямована. Це передбачатиме чіткий синтез апаратного, програмного забезпечення, баз даних та організаційних технологій, які здатні стосуватися ключових проблем суспільства і вимагатиме абсолютно нових методів і моделі для синтезу різноманітних даних та ідей, які зараз не розглядаються. Це, у свою чергу, означає масову зміну парадигми у тому, як ми вирішуємо соціальні та економічні питання проблеми з використанням ІКТ. Розумне місто буде в авангарді цієї революції.

1.6. Проблеми, які стають перед дослідженнями

Головний інтелектуальний виклик, з яким стикаємося ми та решта суспільства, – це прийняття ідеї, що, розробляючи нові цифрові технології, ми використовуємо ті самі технології вивчати процеси їх застосування, реалізації та впливу на суспільство. Ми формуємо наші інструменти, а потім наші інструменти формують нас, і це виклик, який нам потрібно вирішити при розробці справді розумних міст, які підвищать якість життя всіх наших громадян. Таким чином, ймовірно, участь у формуванні політики може сильно відрізнятися від минулого коли майбутнє диктувала еліта, насамперед через її доступ до інформації. Вже ясно, що громадяни, які інформовані через мережу, починають змінюватися, оскільки впроваджуються нові форми даних та порад використання краудсорсингу. Використовуються нові форми отримання переваг мобільних та інших додатки, тоді як економіка, по суті, рухається онлайн до зникнення матеріальних жетонів (готівки). Це глибокі зміни, які нам потрібні щоб мобілізувати, використовуючи не менш потужну науку. З

цією метою ми можемо визначити п’ять ключових наукових проблем, які стосуються семи цілей, зазначених вище.

1. *Зв’язати інфраструктуру розумних міст з їх оперативним функціонуванням та плануванням через управління, контроль та оптимізацію.* ІКТ швидко впроваджуються в саму тканину міста з точки зору його матеріалів та інфраструктури Бездротові рішення поширюються складно зрозуміти. В той же самий час, розвиток обчислень і дані для планування таких міст використовують ті самі технології. Потрібно докласти значних зусиль, щоб показати, як такі розробки можна інтегрувати, щоб міста могли стати по-справжньому розумними їхні планувальники та громадяни можуть використовувати такі технології для покращення якості життя. Цей стиль мультимодальності становить справжній виклик.

2. *Дослідити поняття міста як лабораторії інновацій*. ІКТ були розроблені для підвищення ефективності енергетичних систем, надання послуг у діапазоні від комунальних послуг до роздрібної торгівлі в містах, покращення комунікацій та транспорту. Перспектива побудови моделей міст, що функціонують в режимі реального часу від рутинно передбачуваних даних зараз є чіткою перспективою, і розумні міста повинні розвивати функції лабораторій – що дає можливість їх моніторингу та проектування.

3. *Надати портфоліо міського моделювання, яке інформує про майбутні проекти*. Як місто в реальному часі та його визначення наближаються до надання інформації про довгострокову перспективу зміни, з’явиться нова безпосередність у побудові імітаційних моделей міст Зведені моделі будуть замінені на дезагреговані, і наш проект буде досліджувати багато різних видів моделей, що будують і розширюють науку про складність. Ми вважаємо важливим побудувати багато різних моделей однієї і тієї ж ситуації переконання, що плюралістичний підхід є центральним для кращого розуміння цієї складності.

4. Розробити технології, які забезпечують справедливість і покращують якість міського життя. Ефективність має бути збалансована зі

справедливістю. Нові технології мають тенденцію до поляризації та поділу на багатьох рівнях, і ми повинні досліджувати, як нові форми регулювання на рівні міського та транспортного планування, економічного та громадського розвитку можна покращити за допомогою майбутніх і нових технологій. Розумне місто, звичайно, пропонує перспективу припинення цифрового розриву, але воно також відкриє різні розриви, і наше завдання полягає в тому, щоб передбачити та спланувати їх.

5. *Розробити технології, які забезпечують широке коло учасників.* Нові ІКТ, по суті, засновані на мережі та забезпечують широку взаємодію в багатьох областях і масштабах. Частина процесу координації та інтеграції з використанням найсучасніших систем даних і розподілених обчислень повинна включати способи, за допомогою яких громадяни можуть брати участь і поєднувати свої особисті знання з знаннями експертів, які розробляють ці технології. Питання конфіденційності, а також безпека є ключовими для цієї проблеми.

1.7. Специфіка розробки розумних міст

Раніше міста розуміли і планували на кількох рівнях. Зараз існує реальний імпульс у відчутті міських змін з нуля, так би мовити, з використанням нових технологій датчиків, які залежать від портативних і віддалених пристроїв, до збирання транзакційних даних з обробки онлайн-транзакцій, які вимірюють, як окремі особи та групи витрачають енергію. , використовувати інформацію та взаємодіяти щодо грошей. Мережеві технології роблять можливим широкий збір даних і координацію таких даних з точки зору самих даних і з точки зору того, як ці дані зберігаються і робляться доступними. Нові форми організації баз даних та інтелекту пропонують перспективу для додавання цінності до даних з точки зору масштабної інтеграції даних. Список компонентів і секторів у місті майже надто довгий для каталогізації, але ключові сектори, які зараз сильно об’єднані в мережу, включають: транспортні системи всіх видів з точки зору

роботи, координації, розкладу, комунальні мережі, які включаються за допомогою розумного вимірювання , місцева погода, рівень забруднення та видалення відходів, застосування землі та планування, будівельні технології з точки зору енергії та матеріалів, інформаційні системи охорони здоров'я щодо доступу пацієнтів до закладів – список нескінченний. Справа в тому, що нам терміново потрібна карта цієї місцевості, щоб ми могли поєднати ці різноманітні види діяльності.

1.8. Ключові теми дослідження

На перший погляд також може здатися, що програма, пов'язана з розумними містами, буде сильно зосереджена на апаратному забезпеченні та мережах, але наша увага буде зосереджена набагато більше на питаннях організації, які передбачають розробку програмного забезпечення та управління великомасштабними комп'ютерними ресурсами, мережами та даними. Як ми намагалися зазначити

У цьому дипломі ми зосереджуємось на інтеграції даних, моделей та користувачів за допомогою ІКТ. Цей сукупний набір проблем в ІКТ ми могли б називати організаційним програмним забезпеченням, старий термін, що сягає 1980-х років, але який символізує сукупність проблем, які оточують використання та розвиток нових різновидів обчислень. Розробка та поєднання баз даних, які, у свою чергу, підробляються з використанням нових видів носіїв для збору даних за допомогою зондування, аналізу онлайн-транзакцій та автоматизованого запису поведінки в навколишньому середовищі та комунікації є одним із ключових фокусів нашого проекту [6]. Такі зв'язки та організація, яка буде розроблена, стануть частиною нових управлінських структур для розумного міста, нові функції розвідки, які використовують набагато ширшу участь у прийнятті рішень, а також конструювання в реальному часі та використання різноманітних симуляцій та оптимізацій, що мають відношення до підтримка прийняття рішень. Фокус дослідження, який

ми окреслюємо нижче, об’єднує всі ці теми в окремі проекти, які неминуче перетинатимуться одна з одною та з іншими проектами в інших областях.

Однією з наших основних тем буде розробка нових форм імітаційної моделі, які охоплюють нові форми складності, що розробляються в розумних містах. Інноваційним аспектом нашого проекту є розробка нового класу імітаційних моделей для різних видів діяльності в містах, які будуть розвиватися в міру розвитку і розумніших самих міських структур. Іншими словами, моделі будуть моделювати динаміку міста як процеси самоорганізації еволюції, що імітують дарвінівську біологічну еволюцію в балансі між інноваціями та механізмами відбору. Прикладу буде достатньо. П'ятдесят років тому міста були задумані в манері, яка майже не змінилася за тисячу років: як ядро, де домінували робоче місце та переміщення людей на роботу та обмін товарами (купити та отримувати послуги) в автомобілі. Ця модель була заснована на тому, що місто є стабільною незмінною структурою. Відтоді ІКТ та глобалізація різко змінили цю модель. Фізично міста можуть не дуже відрізнятися від матеріальних потоків, які надихнули цю минулу концепцію, але з точки зору їхніх соціальних мереж та економічних операцій стара модель просто не може відповідати поточним концепціям мережевого суспільства. Зараз у світі так само домінують потоки інформації, які не залишають фізичних слідів, як у старих. Наше завдання полягає в тому, щоб створити моделі, які б боролися з цими змінами і які мають потенціал, щоб охопити дуже різні концепції того, як може функціонувати місто. Зачатки цих типів моделей вже є в таких структурах, як MATSim і Simulacra, у багатьох агентних моделях, створених для секторів міста, і в нових підходах до моделювання транспорту [7]. Ми маємо намір активно використовувати ці концепції. Так само, як це змінює наше уявлення про те, як ми можемо будувати моделі, які реагують на зміну та розвиток системи, наша остання тема стосується того, як процес планування та прийняття рішень може змінитися, щоб охопити здатність відчувати місто в реальному часі. Просторові масштаби та масштаби часу згортаються через появу даних

реального часу знизу вгору. Створюються набори даних, які відразу показують функціонування міста в реальному часі, а також показують, наскільки довгострокові зміни в місті можна виявити. Коротше кажучи, якби всі дані, які ми збирали, були в реальному часі, у будь-який момент, ми могли б узагальнити дані, щоб мати справу зі змінами в місті в будь-якому масштабі та протягом будь-якого періоду часу. Ця перспектива дуже далека і ніколи не буде досягнута (оскільки ми досягнемо її, ми знайдемо все більше і різноманітні дані, які потрібно зібрати), але те, що вона обіцяє, — це можливість мати уявлення про зміни в різних просторах у реальному часі. масштабах і в різних часових масштабах.

Наведемо очікувані результати у вигляді низки пунктів, які певною мірою були розглянуті вже в попередній презентації. Це стосується всіх трьох розділів про науку, техніку та суспільство.

1.8.1. Вплив на науку

Ми розглянемо основні загадки соціальної еволюції через призму міста. Це включатиме розробку стратегій і методологій, які стосуються систем, що розвиваються, які стають все більш складними через технологічні інновації та зростання процвітання, в той же час аналізуючи ці проблеми та передбачаючи їх, використовуючи ті самі технології, які збільшують цю складність. Це також означає розвиток статистичної механіки когнітивних систем. Ми будемо розвивати науку та мистецтво міського моделювання, яке, на нашу думку, міцно укорінене в надійній теорії того, як місто функціонує в просторі та часі як економічний об’єкт і соціальний артефакт. Це передбачатиме вбудовування наших моделей у нові теорії сучасного міста, які ґрунтуються на новій економічній географії, економіці міст, концепціях соціальних та економічних систем на основі агентів та нових підходах до мобільності та комунікацій. Ми будемо розробляти нові методи інтеграції просторових і пов’язаних з ними баз даних і продовжуватимемо прогресувати в розробці даних дуже великих наборів даних порядків терабайт. Для цього знадобляться

нові розробки в області нейронних мереж, машинного навчання та еволюційних обчислень.

1.8.2. Вплив на технології

Ми генеруватимемо нові ідеї щодо того, щоб дозволити містам реалізувати свій потенціал, стаючи розумнішими. Розумні міста є інкубаторами для все більш розумних ідей, і ми продемонструємо цю модель на кількох зразкових містах, з якими ми будемо розвивати нашу науку in situ. Розумні міста є конкурентоспроможними містами, і ми визначимо, як міста, які знаходяться в спектрі шкали розумності, можуть реагувати на нові ініціативи та підвищувати свої конкурентні переваги. Ми віримо, що розумні міста та системи розумних міст повинні втілювати це відчуття конкуренції в інтерактивному еволюційному контексті, щоб що жодне місто не відстає занадто далеко або не просувається занадто далеко вперед. Ми розробимо нові інтерактивні веб-контексти, які дозволять ширшому колу громадянських активістів і груп зрозуміти та створити місто та громаду, у яких вони зацікавлені та зацікавлені.

1.8.3. Вплив на суспільство

Розумні міста – справедливі міста. Ми будемо розвивати інфраструктури, доступні для більш широкого кола інтересів і груп з різним рівнем досвіду та активності, щоб усі були залучені. Наша зосередженість на збалансованості ефективності та справедливості є центральною в цьому баченні. Веб-інтерактивні системи, які ми вважаємо основними для того типу науки про громадян, яка, на нашу думку, має бути нормальною в розумному місті, дозволить розвивати справедливість і збалансувати конкуренцію. Ми віримо, що багато методів, які ми розробимо, будуть базуватися на уявленнях про те, як групи конкурують і співпрацюють, і ми вважаємо, що тип інфраструктури, досвіду та даних, які будуть характеризувати розумне місто, дозволить бути справедливим. Легко створюються і такі міста для підвищення якості міського життя.

2. ТЕХНОЛОГІЯ «СМАРТ-БУДИНОК» ЯК СКЛАДОВА ЧАСТИНА «СМАРТ-МІСТА»

2.1. Виникнення поняття «смарт-будинок»

Майже півстоліття тому Ніколас Джонсон [8] стверджував, що дім зрештою стане центром домашнього спілкування, де людина працює, вчиться, розважається та вносить свій внесок у суспільство за допомогою комунікаційних методів, які ми ще не уявляли – випадково вирішуючи затори на приміському транспорті та багато іншого. Численні письменники та режисери міркували про майбутні будинки, іноді в загрозливих, іноді в комічних термінах. У багатьох із цих уявлень дім розглядається як фізичний вузол доступу до «електронних просторів» у передових мережах зв'язку. Типовим є Елвін Тоффлер зі своїмпоняттям «електронного котеджу» як місця роботи, виробництва, відпочинку та споживання. Загальним для багатьох точок зору є перезавантаження дому, щоб дозволити домогосподарству знову взяти на себе такі ролі, як робота, освіта, медичне обслуговування та розваги, які дедалі більше екстерналізуються. На думку Тоффлера, за цією тенденцією лежить бажання окремих людей відійти від екологічних, соціальних і політичних проблем сучасних індустріальних міст.

Деякі припускають, що еволюція до багатофункціонального будинку також є результатом змін у просторовій організації передових капіталістичного суспільства. Як каже Лоренте, «глобальні будинки» потрібні, якщо ми хочемо мати «глобальні села». Він вважає, що повністю взаємопов'язане житло може діяти як інтерфейс між «простором потоків» Кастельса – все більш важливою мережею інформаційних потоків – і фізичним простором, де відбувається досвід і повсякденне життя більшості людей. Таким чином дім може стати частиною світу діалогу між людьми, між людьми та машинами та між самими машинами. Будинок буде не тільки пасивним приймачем, а й активним виробником інформації та енергії, останньої за рахунок вироблення сонячної електроенергії. Елементи всіх цих

спостережень можна спостерігати в сучасному суспільстві, що мають важливі наслідки для способу життя людей. Однак, незважаючи на прогнози, ми ще не побачили, як вони вплинуть на будинки, в яких вони живуть. У напрямку впровадження технологій «розумного дому» був лише обмежений прогрес. Точку зору, висловлену в 1989 році, про те, що «комбінація домашніх комп'ютерів, споживчих електротоварів, послуг відеотексу та систем домашньої безпеки, навіть у «розумному будинку», підключених до датчиків опалення та освітлення. . . навряд чи можна додати до революції у способах життя» [9] все ще в значній мірі справедливий. Тим не менш, зміни відбуваються, оскільки нові комунікаційні та інформаційні технології стають «одомашненими». Мета цього розділу — розглянути прогрес у напрямку «розумного дому» та окреслити перспективи того, як зміна технологій починає прискорювати цей процес. У главі говориться, що минулі підходи промисловості та уряду, засновані на демонстрації повністю інтегрованих розумних будинків, не викликали достатнього інтересу споживачів для формування масового ринку. Однак тепер можна помітити зміну фокусу, коли на ринок виходять нові гравці галузі. Вони починають задовольняти потенційні потреби користувачів, які виникли у поєднанні з розвитком інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ). Проте самі по собі мережі та послуги поза домом не будуть достатніми для забезпечення загального доступу до «інформаційного суспільства».

2.2. Розвиток технологій «смарт-будинків»

Терміни «розумні будинки», «розумні будинки» та «автоматизація дому» часто використовуються як взаємозамінні. По суті, вони охоплюють два підходи до класифікації технологій, які формують використання житла:

По-перше, поняття розумного чи розумного будинку охоплює ідею про те, що матеріальне середовище будинку та домашні завдання можна якимось чином автоматизувати. Автоматизація може варіюватися від (1) простих фіксованих додатків із попередньо визначеними та заздалегідь встановленими

операціями, через (2) програмованих програм і пристроїв до (3) повністю гнучких і автоматизованих додатків і мереж пристроїв, які обмінюються інформацією та надають її споживачам. З функціональної точки зору автоматизація може бути розроблена для зручності. Прикладом є центральний замок дверей і вікон, загоряння світла, коли хтось заходить до кімнати, або телефонування будинку, щоб почати роботу ванни. Як було показано в попередній роботі [10], цей тип функціональності може бути корисним для певних груп населення, таких як люди похилого віку чи інваліди, замість того, щоб просто пропонувати незначне збільшення зручності. Деякі з тих самих додатків – наприклад, контроль над освітленням – також можуть мати функціональність більше пов'язана з управлінням будівлею та екологічним контролем. До цієї категорії підійдуть побутові системи енергоменеджменту та контролю комфорту, а також діагностика несправностей.

Для більшості людей ці технології розумного будинку пропонують додаткову зручність у повсякденній діяльності, поступово додаючи переваги, які надавалися попередніми механічними та електричними епохами технологічних змін у домі [10]. Однак поява ІКТ на основі цифрових технологій зараз дає потенціал для значного покращення функціональності дому, забезпечуючи інтерактивне вікно у зовнішній світ і надаючи нам інформацію та зворотний зв’язок, які раніше було неможливо отримати. Тому друга широка область технологій розумного дому підкреслює поняття «інформаційного» дому, де використовуються існуючі та нові інформаційні послуги для покращення управління сімейним та професійним життям.

Ці послуги можуть варіюватися від покращеного поширення існуючих поширених електронних комунікацій (аналогове телебачення, телефонія) до нових електронних послуг (широкосмуговий доступ до Інтернету, цифрове телебачення). Деякі послуги, засновані на інформації, надаються на неналаштованій основі як частина загальних розважальних або освітніх послуг, або «підштовхуються» постачальником послуг, або «витягуються» клієнтом. Проте розвиток ІКТ та поява нових постачальників послуг також

створює можливість більш індивідуальних послуг, які надаються безпосередньо особам або домівкам, у яких вони живуть.

Розвиток у цих двох сферах веде до можливості більшої інтеграції домашніх функцій всередині будинків, а також між будинками та послугами, що надаються ззовні. У правильному поєднанні вони можуть досягти мети збільшення функціональності в будинку. Однак це станеться лише в тому випадку, якщо уникати попередніх моделей впровадження технологій розумного дому. Традиційно вважалося, що здатність спілкуватися та керувати лежить в основі розумного будинку, і що необхідно інтегрувати системи, щоб забезпечити типи функцій, які люди захочуть використовувати. Багато демонстраційних проектів використовувало цю модель і залучив значні капітальні інвестиції для забезпечення утопічне бачення «будинку майбутнього». Це, як правило, вимагає фундаментальних змін у повсякденному способі життя мешканців.

Хоча ці будинки викликали інтерес, вони не забезпечили споживачів з реалістичною моделлю, яку можна реалізувати доступним способом. Частково це пов’язано з тим, що постачальники дотримуються підходу, який в основному спрямований на технологію, а не на попит. Технології та компоненти, розроблені для використання в комерційних і промислових будівлях, були лише незначно модифіковані для домашнього застосування [10]. Хоча деякі продукти, спеціально розроблені для дому, були розроблені, залишається розрив між вимогами споживачів до систем, які є корисними для управління повсякденними завданнями, і доступними продуктами. Крім того, інтегрований характер багатьох систем і продуктів вимагає спеціальних знань та/або підготовки, перш ніж вони можуть бути встановлені та використані.

2.3. Шляхи майбутнього розвитку

Підхід до впровадження технологій розумного дому, який вимагає повної інтеграції пристроїв, виявився недостатнім для виклику широкого інтересу споживачів. Це, як правило, вимагає докорінної зміни у повсякденних

технологіях мешканців що вимагає повної інтеграції пристроїв, виявилося недостатнім для створення широкого інтересу споживачів. Тим не менш, деякі елементи цієї моделі необхідно зберегти. Здатність компонентів і систем взаємодіяти залишається основою будь-якого розумного будинку, але стає все більш очевидним, що це не передбачає, а в деяких випадках і не може передбачати виключне використання єдиного комунікаційного середовища та протоколу. Тому потрібен більш витончений підхід до розуміння процесів, за допомогою яких функціонує масовий ринок продуктів і послуг для розумних будинків.

Модель 1 включає прості системи вмикання/вимкнення для окремих додатків і не вимагає додаткового встановлення мережі (наприклад, перемикання дистанційного керування). Це не можна класифікувати як технологію розумного дому, оскільки між системами немає взаємозв'язку. На відміну від моделі 2, розумні прилади утворюють острівні системи на основі вибраних додатків. Ця техніка, як правило, включає в себе білу техніку – переважно кухонну техніку, яка має певний рівень взаємозв'язку та дозволяє виконувати такі функції, як моніторинг робочого навантаження, контроль запасів, завантаження інформації (наприклад, рецептів) та інтерактивних повідомлень для дому. Sharp, наприклад, рухається до того, щоб усі свої технічні засоби були готові до мережі – вони могли надсилати й отримувати інформацію, хоча й без визначення конкретного мережевого протоколу.

Модель 3 включає невеликі спеціалізовані мережі, такі як системи освітлення всього будинку або покращений контроль над центральним опаленням або домашніми розвагами.

Вони використовують ті самі технології, але для обмеженого набору функцій в рамках однієї підсистеми будинку. Однак їх можна розширити, включивши додаткові підсистеми подібного характеру (наприклад, центральне опалення може бути пов'язано з системою автоматизації для вікон). Відповідно до моделі 4 існує мережа систем, де всі пристрої та підсистеми спілкуються один з одним, використовуючи уніфікований

протокол. Це традиційний підхід до розумних будинків. Нарешті, модель 5 містить взаємодіючі мережі – об’єднання автоматизації та розважальних доменів розумних будинків за допомогою проміжного програмного забезпечення.

Фірми, які займаються розробкою розумних будинків, спочатку намагалися перейти від простих систем один до одного до набагато складніших систем n:n. Такий підхід був занадто великим кроком як для споживачів, так і для посередників, які займаються продажем та встановленням технологій розумного будинку. Більш відповідний цикл розробки спочатку буде зосереджений на відносинах 1:n і n:1, коли споживачі купують розумні або готові до мережі прилади або встановлюють мережеві пристрої в певних системах у домі для задоволення конкретних потреб. Це стане основою модульного підходу до розвитку розумного будинку. Оскільки прилади та обмежені мережі стають все більш поширеними, попит може потім перейти до більшої інтеграції між пристроями та мережами, що в кінцевому підсумку призведе до моделі N:N. Така модель з часом буде розвиватися всередині будинку, а компоненти та підсистеми будуть впроваджуватися для задоволення мінливих потреб споживачів.

3. ПРОБЛЕМИ ПОЄДАННННЯ ТЕХНОЛОГІЙ «СМАРТ БУДІВЛІ» ТА «СМАРТ МІСТА»

3.1. Недоліки визначень розумного міста і будівлі

Таким чином, ми з'ясували, що завдяки прогресу апаратних технологій, розумні середовища вже проникають у багато просторів нашого повсякденного життя. Розумні будинки, розумні будівлі та ще більші об'єднання, такі як аеропорти, лікарні чи університетські містечка, вже оснащені безліччю мобільних терміналів, вбудованих пристроїв, а також підключених датчиків і приводів. Деякі види діяльності вже передбачають поняття «розумне місто», яке використовує можливості, що надаються поширеними обчислювальними технологіями, на користь своїх мешканців. Безумовно, що в таких умовах розумне середовище відіграє вирішальну роль у подоланні викликів урбанізації та демографічних шансів, наприклад. щодо сталого розвитку, **розподілу енергії,** мобільності, охорони здоров'я або громадської безпеки.

Хоча «розумність» часто зосереджується на точці зору користувача, ми розглянемо бізнес-перспективу великого промислового постачальника інфраструктур та рішень. Сюди входять сценарії застосування для розумних міст та окреслення пов'язаних із цим проблем для бізнесу та досліджень. Особливу увагу треба приділити налаштуванню та енергоефективному режиму роботи інтелектуальних інфраструктур і центрів обробки даних. Хоча «принципи автономних обчислень», як-то самоналаштування, самовідновлення, самозахист і самооптимізація, добре зрозумілі для корпоративних IT-інфраструктур, їх застосування до широко розподілених, гетерогенних повсюдних обчислювальних систем є менш простим. Особливе занепокоєння викликає включення **енергоефективності** в такі умови. Це передбачає скорочення витрат на енергію, що швидко зростають, і концепції для підвищення рівня обізнаності програмних додатків і служб про їх споживання енергії. Таким чином, він є основою для визначення IT

енергетичних гарячих точок у програмному забезпеченні та архітектурі ІТ - систем, а отже, для сталого розвитку та функціонування розумних середовищ.

Якщо розумне місто є гіперзв'язаним, енергетично, економічно ефективним і стійким, яке має на меті покращити життя всіх за рахунок використання наявних ресурсів та інфраструктури, тоді розумний дім теоретично повинен бути мікрокосмом цього. Як і багато нових концепцій у секторі «розумних міст», включаючи саме «розумне місто», більшість офіційних визначень «розумного дому», як правило, зосереджуються навколо нових технологій. Розглянемо низку прикладів визначень.

Coldwell Banker, американське агентство нерухомості, і CNET, веб-сайт новин та оглядів технологій, разом визначають розумний дім як:

«Дім, оснащений підключеними до мережі продуктами (тобто «розумними продуктами», підключеними через Wi-Fi, Bluetooth або подібні протоколи) для керування, автоматизації та оптимізації таких функцій, як температура, освітлення, безпека, чи розваги, віддалено за допомогою телефону, планшета, комп'ютера або окремої системи в самому домі». Уточнюючи, що: «На додаток до надійного інтернет-з'єднання, будинок повинен мати розумну функцію безпеки або функцію розумної температури. Тоді він повинен включати принаймні дві функції зі списку розумних опцій, включаючи прилади, розваги, освітлення, зовнішні датчики та сповіщувачі безпеки».

Визначення розумного будинку ВТ не відрізняється:

«[...]будинок, який містить комунікаційну мережу, яка з'єднує різні прилади та дозволяє їм дистанційно керувати, відстежувати й отримувати доступ [...] Розумні пристрої підключаються до Інтернету, і багато з них мають програми для смартфонів, які дозволяють отримувати доступ та контролювати їх віддалено через Wi-Fi».

У більшості наведених вище визначень не вистачає двох речей: по-перше, як розумний дім принесе **користь** своїм мешканцям або суспільству в цілому, і по-друге, як концепція розумного будинку допомагає зробити будівлі більш **енергоефективними**, а отже, більш екологічними. По суті, визначення

«розумного дому» мають тенденцію забути про «розумне» чи екологічне життя - або, іншими словами, життя людей, які населяють ці будинки.

Відсутність зосередженості на людських або екологічних аспектах розумних будинків у комунікаціях на цю тему може бути однією з причин, чому розумні будинки не привертають увагу широкої громадськості. Справді, професіонали Асоціації енергетичних послуг підрахували, що близько 85% людей у віці від 18 до 29 років, які вважаються найбільш технологічно підкованими демографічними, не мають жодних пристроїв для розумного дому.

Беручи до уваги, що більшість людей, які визначають цей термін, належать до великих технологічних компаній, які часто намагаються «встановити галузевий стандарт» або підкреслити, наскільки нам усім «потрібні» розумні будинки, щоб вижити, здається важливим спробувати змінити маршрут. розмова з людьми, які насправді живуть у (розумних) будинках. Це означає вивчення реальних переваг технологій розумного дому та зосередження на «розумному житті» або «розумній поведінці», настільки ж важливому, як і технології для «розумного дому». Це також означає розглянути, хто може не мати доступу до технологій розумного дому, або хто може бути виключений із стандартного визначення «розумного дому», зазначеного вище.

Важливо подумати про те, як рекламуються та розгортаються розумні будинки, хто їх продає, хто має доступ до даних, які вони створюють, хто є їх цільовою аудиторією та кому вони вигідні. Багато міських лідерів прагнуть переоцінити термін «розумне місто» і зробити його більш орієнтованим на людей та громаду, використовуючи технології як стимул для змін суспільства, а не як мотивацію чи кінцеву мету самі по собі. Аналогічно, ми повинні переконатися, що наше визначення того, що саме «розумний дім» є доступним і зосередженим на людях, а не на технологіях. Ми також повинні охоплювати всі типи домогосподарств, незалежно від їхнього доходу або місця

розташування, щоб кожен міг отримати вигоду від технологій розумного дому для покращення якості свого життя.

Це передусім означає, що всі домогосподарства мають доступ до Інтернету. Це означає надати окремим особам і сім’ям можливість зрозуміти, як працюють їхні «розумні пристрої», і забезпечити цифрову грамотність усієї спільноти.

Це також включає в себе більш інклюзивність самого визначення. Вирішальне значення для цього має необхідність підкреслити не тільки «розумність» усіх інноваційних, екологічних поліпшень для будинку, які використовують нові технології – наприклад, безводні туалети чи навіть вертикальні ферми, – але й «розумність» простих речей.

Переваги розумного дому, такі як **підвищення енергоефективності та зниження витрат**, необхідно повідомити людям доступним способом, наголошуючи, що будівлі не обов’язково «народжуються» розумними, але такими можуть стати. Іншими словами, вам не обов’язково включати світло, коли ви плескаєте, щоб мати «розумний дім»: якщо у вашому домі є розумний лічильник, який зазвичай безкоштовно надається вашою енергетичною компанією, то це добре. Підвищення доступності визначення та чітке повідомлення про переваги «розумного життя» теоретично має заохочувати більше людей використовувати технології розумного будинку.

3.2. Переміщення фокусу на розумне життя

Зробити комунікації навколо розумних будинків більш орієнтованими на людей також означає, що «розумне життя» є основним принципом концепції розумного будинку. «Розумне життя» може включати нові технології, наприклад, системи розумного дому, але ефективніше використання сховищ, вирощування овочів на задньому городі або зменшення побутових харчових відходів за допомогою інноваційного приготування їжі, наприклад, також мають значення. Це потрібно повідомити, щоб більше людей відчувало, що вони мають доступ до концепції розумного дому, і щоб ми пам’ятали, що

«розумні громадяни» або «розумники», а не датчики чи світлодіодні лампочки, мають бути центром обох проектів. розумний дім і розумне місто. Більшу доступність також можуть надати технологічні компанії розумного дому, які пропонують клієнтам безкоштовне, всебічне навчання щодо використання їхніх продуктів.

3.3. Нові визначення розумного міста та дому

Відсутність поширення концепції розумного дому, особливо серед молоді, свідчить про те, що спосіб визначення, розгортання та передачі розумного дому потребує змін. Наша пропозиція полягає в тому, щоб зробити комунікацію на цю тему ширшою, більш інклюзивною та орієнтованою на людей, а й зробити самі методи розумного дому більш доступними та орієнтованими на громадян. «Розумний дім» повинен бути не лише для тих, хто розуміє або має доступ до технологій IoT; ми повинні перенаправити наше визначення на «розумне життя» як центральне ядро «розумного дому», зосередивши концепцію навколо тих, хто насправді живе в будинках, які стають розумнішими, а не самих технологій. Як і у багатьох визначеннях розумного міста, технологію слід розглядати як один із можливих інструментів розумних способів життя та поведінки в домі, а не як кінцеву мету чи головну особливість розумного будинку. Натомість розумний дім має створювати кращі місця для життя для всіх членів громади та заохочувати більш екологічну та орієнтовану на громаду поведінку.

Таким чином розумний будинок представляється як замкнута система в якомусь сенсі ізольована, а розумне місто сприймається як деякий простір зі своїми певними функціями і який не складається з якихось складових частин. Ми пропонуємо і ставимося до тієї групи дослідників, які просувають інший підхід у концепції та розумного будинку та розумного міста. Підхід полягає в синергетичному об'єднанні цих понять, коли ціле це набагато більше, ніж сума складових частин. І створення розумних будинків і міст треба вести не «знизу вгору» (від будинку до міста) і не «зверху вниз» (зверху вниз), а

відразу конструювати цю складну систему «розумне місто, що складається з розумних будівель з розумними вулицями» (і заселене) розумними людьми).

Ви хочете стати частиною перевизначення розумного дому і, у свою чергу, розумного міста? Існує глобальна база даних рішень та ініціатив для розумного міста, які допомагають містянам – вони називають себе «розумниками» – брати участь у трансформації місць, які вони називають домом. Приєднуйтесь до своїх улюблених ініціатив і станьте одним із тисяч учасників у просуванні колективного підходу до міського планування та стратегії «розумного міста», спрямованої на підвищення рівня життя та процвітання у вашій громаді чи місті.

3.4. Ефективність колективного використання теплової енергії

Розглянемо приклад обігріву будинків під час опалювального періоду. При цьому нашою пропозицією є використання системи регулювання опаленням кожного конкретного будинку у поєднанні з центральною системою управління тепловими потоками в районі, що містить кілька будинків. Централізоване теплопостачання (ЦТ) пропонує цікаві можливості для використання біомаси та/або відпрацьованого тепла як джерела енергії для теплового тепла і, таким чином, замінити децентралізоване опалення з викопних матеріалів [11]. Але з іншого боку, централізоване опалення викликає додаткові витрати та втрати енергії при розподілі тепла.

Порівняльний аналіз цих двох систем опалення – повністю автономної та комбінованої – є предметом численних досліджень, і більшість із них приходять до висновку про використання комбінованої системи.

Як безумовна перевага можна назвати можливість ефективного використання біопалива в системі локального центрального опалення. Справа в тому, що централізоване теплопостачання дає можливість комфортно використовувати біомасу для опалення приміщень і технологічного тепла [12]. Через розміри, низький вплив на забруднення повітря може бути досягнутий завдяки автоматичним системам спалювання, обладнаним ефективним

осадженням частинок. Крім того, низькосортне біопаливо, таке як кора, деревні відходи та міські відходи деревини, може використовуватися як енергоносії в системах типових розмірів для централізованого опалення і таким чином забезпечувати подальше поширення біоенергії. Крім того, комбіноване тепло та електропостачання є цікавим варіантом, який стає ще цікавішим із збільшенням розміру через економію масштабу. Отже, системи централізованого опалення на базі автоматичних котлів на дровах отримали відповідну політичну підтримку і за останні двадцять років набувають все більшого значення в багатьох країнах [13].

3.5. Ефективність використання поновлювальних джерел енергії

Енергетичні системи для розумних міст потребуватимуть, з одного боку, значно більшої частки відновлюваних джерел енергії для тепла та електроенергії, а з іншого – високого рівня інтеграції промисловості та комунальних послуг, які забезпечують домашні господарства та бізнес. Нові технологічні варіанти, такі як пасивні будівлі, закачування біометану в електромережі, невеликі ТЕЦ з теплоакумулятором і теплові насоси з фотоелектричним приводом для забезпечення тепла змінюють загальні стратегії для живлення більших населених пунктів.

Оскільки енергетичні варіанти стають все більш різноманітними, теплова інтеграція промисловості в міста стає важливою з економічних та екологічних міркувань. Стабілізація розподільних мереж в умовах розбіжності профілів попиту та пропозиції ще більше ускладнить планування проектів розумного міста. Перед обличчям цих проблем інноваційні інструменти планування набудуть значення.

У цьому розділі наведемо приклад використання методу P-Graph [14] у його застосуванні до стійких технологічних систем. Цей метод буде використовуватися для створення оптимальних енергетичних систем, що зв’язують промисловість із розумними містами, та для інтеграції інноваційних енергетичних технологій у такі системи. Індекс сталого процесу буде

використовуватися для оцінки цих систем з точки зору екологічної стійкості. Цей индекс стійкості особливо добре підходить для розмежування між звичайними енергетичними системами на основі викопних та відновлюваних джерел. Як реальний приклад буде розглянуто реальний приклад застосування цих методів до задачі проектування оптимальної енергетичної системи для розумного міста. У цьому прикладі йдеться про розробку зеленого поля в місті середнього розміру в Австрії (Грац). Цей проект включає різні джерела енергопостачання (наприклад, надлишок тепла від промисловості, енергія підземних вод), низькоенергетичні будівлі та інноваційні технології зберігання та енергопостачання.

Інтеграція різних систем відновлюваної енергії в міську енергетичну систему та оптимізація цієї системи є складними завданнями планування. Процес синтезу мережі (Process Network Synthesis – PNS) є цінним інструментом для вирішення цієї проблеми, який виконує оптимізацію всієї регіональної або міської енергетичної системи [15]. Для створення цілісних заяв щодо досягнення сталої та інтегрованої регіональної оптимізації міських територій вирішальною є локалізація ряду параметрів. Основним компонентом цих досліджень була оптимізація технологічних мереж, ланцюгів процесів та ефективне використання потужностей відновлюваної енергії на місці для покриття потреби в енергії. Процес синтезу мережі, що постійно використовується в різних проектах регіонального та міського розвитку та дослідження мереж оптимальних енергетичних технологій, а також різноманітні дослідження ланцюгів сталого постачання енергії призводять до базових знань і нових інсайтів в області оптимізації міських енергетичних систем.

Синтез мережі процесів (PNS) – це метод оптимізації систем матеріальних та енергетичних потоків. Методичним підґрунтям є метод p-графів із використанням комбінаторних правил [16]. Для міського та регіонального планування використовується програмний інструмент PNS Studio для пошуку стійких технологічних систем.

Початковою точкою аналізу PNS є встановлення максимальної структури, як показано на Рис. 3.1. Таким чином можна визначити всю доступну сировину та ресурси (включаючи потоки відхідного тепла), а також технологічну мережу, яка може перетворити їх у проміжні продукти, які можуть використовуватися в інших процесах або для продуктів, які можна продавати на ринку. Можливості технологій, а також доступність, кількість і якісна структура матеріалів визначаються користувачем. Крім того, повинні бути визначені обмежені в часі доступність ресурсів, специфічний попит на продукцію, всі включені масові та енергетичні потоки, інвестиційні та експлуатаційні витрати всієї інфраструктури, вартість сировини, транспортні та відпускні ціни на продукцію. З максимальної структури програма створює оптимальну структуру. Оптимальна структура містить оптимальну технологічну мережу. Для цієї програми створення економічно найбільш вигідної технологічної мережі було в центрі уваги, встановлюючи прибуток для всієї системи як цільове значення.

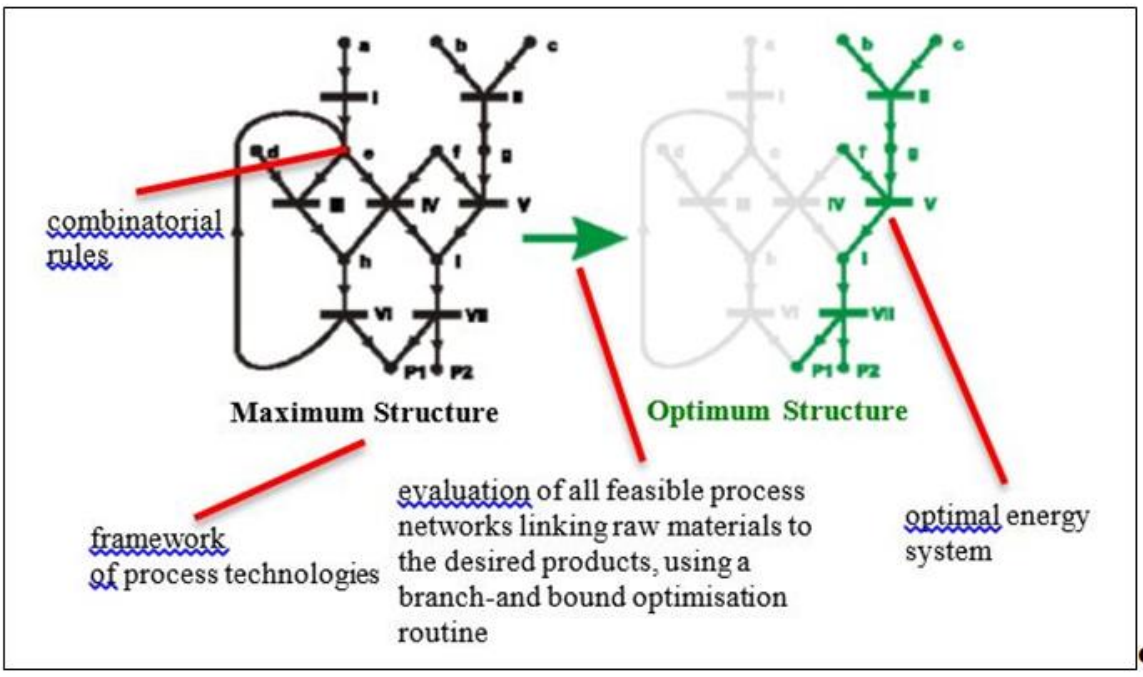


Рис. 3.1. Приклад використання оптимізації енергетичних систем [11].

Ми продемонстрували приклад створення оптимальної енергетичної системи, яка включена в поточний процес перебудови району середнього міста. У цьому прикладі розглянуті різні аспекти сталого міського розвитку (наприклад, зовнішні потреби в енергії, зовнішні енергетичні мережі, економічний попит, оптимальна географічна транспортна ситуація тощо). З дослідження зроблені такі основні висновки. Зокрема, що енергетична система в цілому повинна бути інтегрована в локальний контекст. Важливим стає міждисциплінарне планування (планування простору, планування будівництва, енергетика, планування інфраструктури). Енергетична оцінка різних будівельних сценаріїв електро-, холодного енерго- та теплопостачання оцінюється за допомогою теплового та електричного балансування.

Використання відновлюваних джерел енергії (наприклад, фотовольтаїки) для локального використання показує ступінь енергетичної автономії території. Ефективне та децентралізоване міське самопостачання та оптимальне використання місцевої енергії допомагають зменшити викиди (наприклад, CO_2). Ці нові знання необхідні для впливу на майбутні проекти, що стосуються розумних міст. Оптимізація міських процесів за допомогою Process Network Synthesis (PNS) надає цінну інформацію для процесів прийняття рішень, таких як оптимальне використання доступних ресурсів (потоків відходів енергії) та міської енергетичної мережі.

3.6. Ефективність колективного використання електроенергії

Розглянемо нагальну задачу балансування використання електричної енергії в ланцюгу, до якого входить декілька споживачів.

Однією з найбільших проблем з розподільними системами є дисбаланс навантаження, створений потребою споживачів в електроенергії [17]. Це стає важко вирішити звичайними методами. Для прикладу у дипломі буде використане цілочисельне лінійне програмування для балансування навантажень у трьох фазах системи розподілу, використовуючи збережені дані про потребу в електроенергії. Результати показують, що метод допомагає

значно зменшити фактор дисбалансу ніж 10%, вибравши фазу, до якої потрібно підключити навантаження. Рішення може використовуватися як інструмент планування в розподільчих системах, що застосовуються до установок із системами вимірювання споживання електроенергії в різні часові інтервали. Крім того, у поєднанні з комунікаційними та обробними технологіями, рішення може бути корисним для реалізації за допомогою розумної мережі.

3.6.1. Постановка задачі

Припустимо, що клієнти в системі електричного розподілу підключаються до однієї або кількох фаз вузла, наприклад трансформатор. Метод передбачає тільки однофазні навантаження, підключені до розподільного вузла і кожне навантаження клієнта має конкретне значення (попит), яке залежить тільки від профілю клієнта. Наприклад, на Рис. 4.2. показано чотири клієнта, які можуть бути підключені до однієї з j фаз вузлів розподілу.

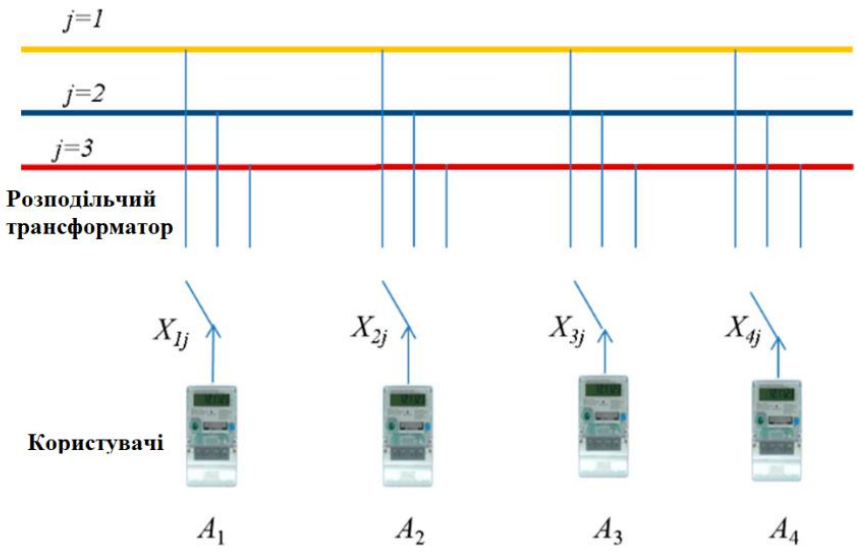


Рис.3.2. Схема підключення чотирьох навантажень у розподільному вузлі для фаз 1, 2 і 3. X_{ij} є перемикачі для підключення кожного користувача лише до однієї фази.

Загальна споживана активна потужність B у розподільному вузлі є сумою усіх індивідуальних навантажень, підключених до вузла. Якщо кожен клієнт i має загальну активну потужність A_i, наведемо наступне рівняння показує загальне споживання електроенергії для n клієнтів:

$$A_1 + A_2 + A_3 + \cdots + A_n = \sum_{i=1}^{n} A_i = B. \quad (1)$$

Крім того, загальна активна потужність є сумою активної потужності кожної фази, B_j, як представлено в рівнянні (2):

$$B_1 + B_2 + B_3 = \sum_{j=1}^{3} B_j = B. \quad (2)$$

Пропоноване рішення містить вимикачі для підключення кожного споживача до однієї конкретної фази. X_{ij} – стан перемикання навантаження A_i у фазі j. Отже, рівняння (3) показує повну активну потужність кожна увімкненої фази:

$$\begin{aligned} A_1X_{11} + A_2X_{21} + A_3X_{31} + \cdots + A_nX_{n1} &= B_1, \\ A_1X_{12} + A_2X_{22} + A_3X_{32} + \cdots + A_nX_{n2} &= B_2, \\ A_1X_{13} + A_2X_{23} + A_3X_{33} + \cdots + A_nX_{n3} &= B_3, \end{aligned} \quad (3)$$

де A_i - необхідна потужність кожного споживача i, B_j - загальна активна потужність на фазу, індекс $j \in 1,2,3$. Величина X_{ij} характеризує стан перемикача, що з'єднує навантаження i-го користувача з j-тою фазою:

$$X_{ij} \in \{0,1\}, \quad (4)$$

де 1 вказує на підключення, а 0 – на відключення питомого навантаження. Крім того, кожен перемикач підключає одне навантаження виключно до однієї фази, як представлено в рівнянні (5):

$$\sum_{j=1}^{3} X_{ij} = 1. \quad (5)$$

Кожна фаза забезпечує певну частину загального попиту в кожен момент. Рівняння (6) і (7) представляють цю ситуацію для трифазного розподільного вузла:

$$\begin{aligned} B_1 &= \lambda_1 B, \\ B_2 &= \lambda_2 B, \\ B_3 &= \lambda_3 B, \end{aligned} \tag{6}$$

$$\sum_{j=1}^{3} \lambda_j = 1, \tag{7}$$

де λ_j – частка загального попиту, що забезпечується фазою j. В ідеально збалансованому вузлі $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = 1/3$ для кожного періоду. Однак на практиці реальні значення λ_j різні для кожного моменту часу і фази.

Зверніть увагу, що рівняння застосовуються лише до одного інтервалу. Довгостроковий баланс навантаження вимагає виконання обчислень для різних інтервалів часу та отримання найкращої конфігурації комутатора. Рівняння (8) показує загальну потужність фази 1, представлену B_{k1} в кожному періоді k (для $k = 1$ до m періодів); тут A_{ki} представляє навантаження за період k клієнта i (для $i = 1$ до n клієнтів), а X_{kij} — підключення споживача i до фази j у період k:

$$\begin{aligned} A_{11}X_{111} + A_{12}X_{121} + \cdots + A_{1n}X_{1n1} &= B_{11}, \\ A_{21}X_{211} + A_{22}X_{221} + \cdots + A_{2n}X_{2n1} &= B_{21}, \\ \vdots & \\ A_{m1}X_{m11} + A_{m2}X_{m21} + \cdots + A_{mn}X_{mn1} &= B_{m1}. \end{aligned} \tag{8}$$

Загалом, потужність, необхідна для фази j за період k, можна виразити так:

$$\sum_{i=1}^{n} A_{ki}X_{kij} = B_{kj}, \quad j,k \in \mathbb{N},\ 1 \le j \le 3,\ 1 \le k \le m. \tag{9}$$

Загальний вираз дозволяє перемикати кожне навантаження на кожну фазу на кожному інтервалі часу, що можливо в **розумних мережах**. Однак періодичне перемикання викликає перехідні збурення, які погіршують якість наданої енергії [18]. Метою дипломної роботи є використання методу [17], здатного врівноважувати навантаження за допомогою одних і тих самих з’єднань протягом усіх періодів. Отже, вектори зв'язку обмежені рівнянням

(10). Зауважте, що навантаження A_{ki} споживача i буде підключено (або відключено від) фази j протягом усіх m періодів.

$$X_{1ij} = X_{2ij} = \cdots = X_{mij} = X_{ij}. \tag{10}$$

Цільова функція, яку потрібно максимізувати, — це сума бінарних змінних X_{ij} для всіх n клієнтів у фазі j. Цільова функція обмежена балансом потужності кожної фази. Обмеження забезпечують наближення цільової функції до вектора зв'язку, що представляє частку загального попиту якомога ближче до частки, визначеної в рівнянні (6).

Задача оптимізації для фази j може бути виражена так:

$$\max_{\vec{X}_j} f\left(\vec{X}_j\right) = \sum_{i=1}^{n} X_{ij}, \tag{11}$$

за умовами

$$\sum_{i=1}^{n} A_{ki} X_{ij} = B_{kj} \leq \lambda_j B_k, \quad \forall k \in \mathbb{N}, 1 \leq k \leq m, \tag{12}$$

де

$\vec{X}_j$ – вектор з'єднань фази j, який визначається як $\left(X_{1j}, X_{2j}, .., X_{nj}\right)^T$;

A_{ki} – активна потужність на i-том навантаженні(користувачі) в момент часу k;

B_k – доступна потужність в момент часу k, тобто повна потужність, яка подається користувачам в певний момент часу;

λ_i – максимальна процента частина повної потужності фази j за весь час;

n – кількість користувачів;

m – кількість інтервалів часу.

Зверніть увагу, що рівняння (12) показує ситуацію в кожній фазі, оскільки $\lambda_j B_k$ відповідає відсотку загальної потужності, призначеної для однієї фази. Ці рівняння виконують межі потужності для кожної фази в кожному заданому періоді та протягом усього часу аналізу. Більшість пов'язаних досліджень виконує балансування навантаження в одному заданому інтервалі. З іншого боку, метою цієї роботи є досягнення кращого балансу протягом

усього часу аналізу. Пропоноване рішення використовує профілі клієнтів у різні періоди для досягнення найкращого можливого розподілу навантаження серед усіх доступних

$$UF_{kj} = \left| \frac{1}{3} - \frac{B_{kj}}{B_k} \right| \tag{13}$$

Щоб визначити об'єктивну метрику балансу навантаження, метод використовує співвідношення між загальною активною потужністю за один період B_k і потужністю кожної фази за цей період B_{kj}. Рівняння (13) представляє коефіцієнт дисбалансу фази j для періоду k (UF_{kj}), щоб обчислити коефіцієнт помилок для трифазної системи:

$$UF_s = \max_{k,j} UF_{kj} \tag{14}$$

Рівняння (13) передбачає, що 1/3 є опорним значенням для ідеального балансу в трифазній системі, оскільки загальне навантаження має бути рівномірно розподілене між усіма трьома фазами. Відповідно до рівняння (13), коефіцієнт дисбалансу змінюється протягом кожного періоду k та кожної фази j. Таким чином, рівняння (14) визначає коефіцієнт незбалансованості системи UFs як максимальний коефіцієнт дисбалансу системи розподілу, отриманий як максимум усіх значень коефіцієнта дисбалансу $UFkj$ усіх k періодів і j фаз. Зверніть увагу, що UFs показує найгірший випадок балансу навантаження для всіх фаз і періодів.

В дипломі використано метод [17], який обчислює початкове значення UF_s для незбалансованої системи розподілу, щоб порівняти його з кінцевим рішенням. Очікуваним рішенням є матриця підключення, що включає положення всіх перемикачів X_{ij}, де кожне навантаження має бути підключено до фази, а UF зменшується порівняно з незбалансованою системою розподілу. Оскільки метод обчислює початкове значення UF_s і це значення залежить від навантажень і періодів, метод повинен запускатися щоразу, коли встановлюються нові навантаження.

3.6.2. Запропонована модель та модельний розв’язок

У дипломі запропоновано модель пошуку мінімуму суми квадратів функцій (13):

$$UF = \sum_{k,j} UF_{j,k}^2 = \sum_{k,j} \left| \frac{1}{3} - \frac{B_{kj}}{B_k} \right|^2 , \qquad (15)$$

що забезпечує мінімум дисбалансу системи електричного споживання. У цій моделі пошук мінімуму відбувається шляхом перебору всіх можливих способів підключення користувачів до різних фаз ланцюга живлення.

У досліджуваної модельної задачі передбачається, що до трифазного загального ланцюга підключено $n = 5$ користувачів. При цьому дано графік споживання потужності кожної фази (див. Рис. 3.3)

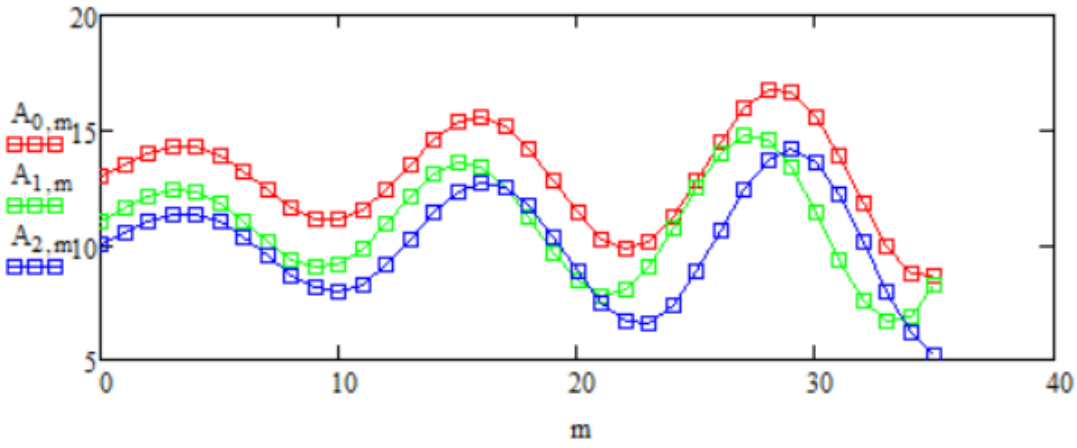


Рис.3.3. Залежність від часу споживання потужності споживачами кожної фази. Червона лінія – фаза 1, зелена – фаза 2, синя – фаза 3. Змінна m відповідає моментам часу (години).

З Рис.3.3. видно, що споживання потужності не збалансоване. Цей дисбаланс можна обчислити за формулою (13) та результати обчислення представлені на Рис. 3.4.

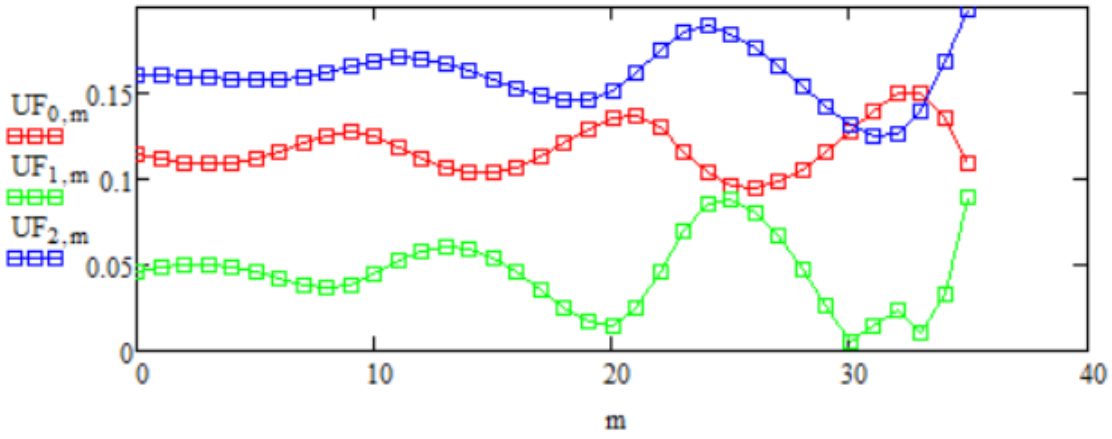


Рис.3.4. Залежність від часу дисбалансу споживання потужності споживачами від кожної фази.

При цьому дано початковий спосіб підключення кожного користувача до конкретної фази. Ці дані наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Початкове підключення користувачів до фаз.

Фаза\користувач	1	2	3	4	5
1	1	0	1	0	0
2	0	0	0	1	1
3	0	1	0	0	0

Наша задача полягає в тому, щоб знайти таке підключення користувачів до фаз, при якому споживання електричної потужності є збалансованим. Ми розв’яжемо цю задачу методом мінімізації функції дисбалансу (15), перебираючи всі можливі варіанти підключень. При малій кількості споживачів такий метод є найпростішим і може скласти конкуренцію іншим методикам, що включають застосування штучного інтелекту [19]. При цьому слід зазначити, що зі зростанням кількості споживачів пропонована методика починає експоненційно ускладнюватися. З цієї причини для таких випадків, розробляються більш складні, але більш ефективні методики [17, 19].

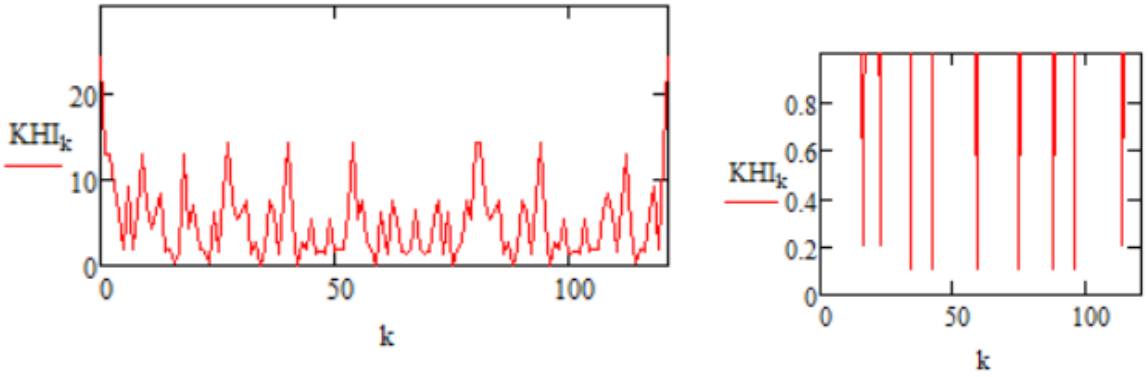


Рис.3.5. Значення функції квадратичної нев'язки (15) для різних комбінацій підключень. Справа – збільшений фрагмент у районі мінімуму.

У таблиці 4.2. ми наводимо результат вибору найбільш енергоефективного способу підключення.

Таблиця 3.2. Збалансоване підключення користувачів до фаз.

Фаза\користувач	1	2	3	4	5
1	0	0	1	0	1
2	0	1	0	0	0
3	1	0	0	1	0

Для демонстрації ефективності знайденого збалансованого способу підключення Рис. 3.6. наведено дисбаланси (15), обчислені для початкового способу підключення (червона лінія) та для результуючого шуканого способу (зелена лінія). Ми бачимо велике кількісне покращення балансування системи.

Таким чином, дослідження, представлене в цьому розділі, зокрема, надає інструмент для часового балансу навантаження, пропонуючи відповідні підключення до кожної з фаз, використовуючи дані потреби споживачів в електроенергії в різні періоди.

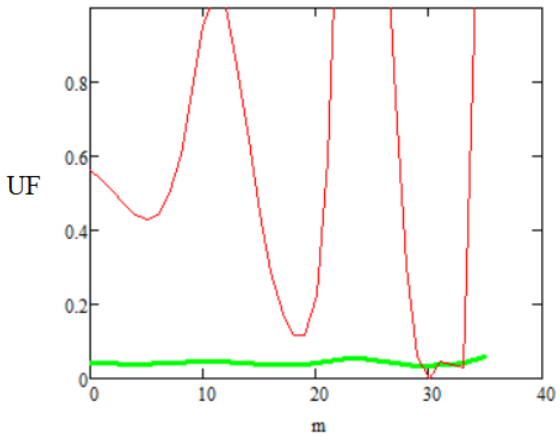


Рис.3.6. Значення функції квадратичної нев'язки (15) у різні моменти часу, обчислені для початкового способу підключення (червона лінія) та для результуючого способу (зелена лінія).

Запропонований спосіб не потребує перемикання протягом часу аналізу і створює рішення за загальний заданий час; отже, алгоритм не впливає на якість електроенергії системи розподілу. Крім того, метод використовує різні відсотки навантаження на кожній фазі, щоб мінімізувати ймовірність нездійсненних рішень і знаходить оптимальний баланс навантаження. Метод був перевірений на прикладі даних та інформації від реальної системи [17], зменшуючи коефіцієнт дисбалансу системи на 10%, що підтверджується максимальним значенням дисбалансу на всіх трьох фазах протягом часу аналізу. Рішення може використовуватися як інструмент планування в розподільчих системах, що застосовуються до установок із системами вимірювання споживання електроенергії в різні часові інтервали.

Метод може бути реалізований локально в кожному вузлі або за допомогою ручних дій, або автоматично з функцією Smart Grid.

Подальші дослідження мають перевірити запропонований метод у польових умовах із застосуванням розподільних трансформаторів, розташованих у міських мікрорайонах, щоб визначити переваги та недоліки впровадження та запропонувати можливі коригування. Розширені дослідження мають бути виконані для кількох вузлів ланцюга та включати додаткові електричні показники.

4. ВИСНОВКИ

Основним результатом роботи ми вважаємо той факт, що «розумний дім» повинен існувати не лише для тих, хто розуміє або має доступ до технологій IoT. Ми повинні змінити наше визначення на «розумне життя» як центральне ядро «розумного дому», зосередивши концепцію навколо тих, хто насправді живе в будинках, які стають розумнішими, а не самих технологій. Як і у багатьох визначеннях розумного міста, технологію слід розглядати як один із можливих інструментів розумних способів життя та поведінки в домі, а не як кінцеву мету чи головну особливість розумного будинку. Натомість розумний дім має створювати кращі місця для життя для всіх членів громади та заохочувати більш екологічну та орієнтовану на громаду поведінку.

Таким чином розумний будинок представляється як замкнута система в якомусь сенсі ізольована, а розумне місто сприймається як деякий простір зі своїми певними функціями і який не складається з якихось складових частин. Ми пропонуємо і ставимося до тієї групи дослідників, які просувають інший підхід у концепції та розумного будинку та розумного міста. Підхід полягає в синергетичному об'єднанні цих понять, коли ціле це набагато більше, ніж сума складових частин. Таким чином, створення розумних будинків і міст треба вести не «знизу вгору» (від будинку до міста) і не «зверху вниз» (зверху вниз), а відразу конструювати цю складну систему «розумне місто, що складається з розумних будівель з розумними вулицями» (і заселене) розумними людьми). Більш того, в дипломі були проведені конкретні дослідження фізичних проблем, які, зокрема, надали інструмент для часового перерозподілу з’єднань певних користувачів електроенергії з зовнішньою мережею. Запропонований спосіб не потребує перемикання протягом часу аналізу і створює рішення за загальний заданий час; отже, алгоритм не впливає на якість електроенергії системи розподілу. Крім того, метод використовує різні відсотки навантаження на кожній фазі, щоб мінімізувати ймовірність нездійсненних рішень і знаходить оптимальний баланс навантаження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Smart city third-generation 109 Journal of the Belarusian State University. Economics. 2020;1:103–117.

2. Smart cities of the future M. Batty, K. Axhausen, G. Fosca, A. Pozdnoukhov, A. Bazzani, M. Wachowicz, G. Ouzounis, and Y. Portugali Eur. Phys. J. Special Topics 214, 481–518 (2012) DOI: 10.1140/epjst/e2012-01703-3.

3. C. Harrison, B. Eckman, R. Hamilton, P. Hartswick, J. Kalagnanam, J. Paraszczak, P. Williams, IBM Journal of Research and Development 54, 1 (2010).

4. S. Sassen, Talking Back to Your Intelligent City. (http://whatmatters. mckinseydigital.com/cities/talking-back-to-your-intelligent-city) (2011).

5. K.W. Axhausen, Environment and Planning B: Planning and Design 35, 981 (2008).

6. D. Wang, D. Pedreschi, C. Song, F. Giannotti, A-L. Barabasi, Human mobility,social ties, and link prediction. Proceedings, International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, available at (http://users.cis.fiu.edu/~ lzhen001/activities/KDD2011Program/docs/p1100.pdf) (2011).

7. Edited by F. Pagliara, M. de Bok, D. Simmonds, A. Wilson, Employment Location in Cities and Regions: Models and Applications, (Springer, Heidelberg, DE, 2013).

8. Johnson, 1967, цит. за Graham and Marvin, 1996, p. 92.

9. Forester, T (1989) “The Myth of the Electronic Cottage”, in T Forester (ed.), Computers in the Human Context: Information Technology, Productivity and People, pp. 213–227, Oxford: Blackwell.

10. Gann, D, Barlow, J and Venables, T (1999) Digital Futures: Making Homes Smarter, Coventry/York: Chartered Institute of Housing and Joseph Rowntree Foundation.

11. Thomas Nussbaumer, Stefan Thalmann Sensitivity of System Design on Heat Distribution Cost in District Heating IEA Bioenergy Task 32, Swiss Federal Office of Energy, and Verenum, Zürich 2014 ISBN 3-908705-27-4.

12. Frederiksen, S.; Werner, S.: District Heating and Cooling, Studentlitteratur AB, Lund 2013, ISBN 978-91-44-08530-2.

13. Arbeitsgemeinschaft für Wärme und Heizkraftwirtschaft: AGFW-Hauptbericht 2010, Frankfurt am Main 2011.

14. Jiří Jaromír Klemeš, Petar Sabev Varbanov and Peng Yen Liew (Editors) Proceedings of the 24th European Symposium on Computer Aided Process Engineering – ESCAPE 24 June 15-18, 2014, Budapest, Hungary. © 2014 Elsevier B.V.

15. G. Stoeglehner, N. Nora Niemetz, K. H. Kettl, 2011, Spatial dimensions of sustainable energy systems: new visions for integrated spatial and energy planning, Energy, Sustainability and Society, www.energsustainsoc.com/content/1/1/2.

16. F. Friedler, J. B. Varga, L. T. Fan, 1995, Decision-mapping: a tool for consistent and complete decisions in process synthesis, Chemical Engineering Science, 50, 1755-1768.

17 Historical Load Balance in Distribution Systems Using the Branch and Bound Algorithm Jorge Arias, Maria Calle, , Daniel Turizo , Javier Guerrero and John E. Candelo-Becerra Energies 2019, 12, 1219; doi:10.3390/en12071219.

18. Stanek, M. Experiences with Improving Power Quality bye Controlled Switching. In Proceedings of the CIGRE WG A3.07: Seinar and Workshop on Controlled Switching, St. Pete Beach, FL, USA, 7 May 2003; pp. 1–5.

19. Alhmoud, L.; Nawafleh, Q.; Marji,W. Three-Phase Feeder Load Balancing Based Optimized Neural Network Using Smart Meters. Symmetry 2021, 13, 2195. https:// doi.org/10.3390/sym13112195.