

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЖИТОМИРСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ
ВІДДІЛЕННЯ «ІНЖЕНЕРНА ІНФРАСТРУКТУРА ТА
КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ»
ЦИКЛОВА КОМІСІЯ СПЕЦІАЛЬНОСТІ «КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ»

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи
освітньо-професійний ступінь «фаховий молодший бакалавр»
на тему:
«Розробка програми «Оптимальний кут встановлення
сонячної панелі»

Виконав студент (ка) 4 курсу, групи П-41
спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»

Янович Акім Олександрович

Керівник Устименко Ярослав Іванович

Рецензент _____

Зміст

Вступ.....	5
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ РОЗРОБКИ	8
1.1. Постановка основної задачі розробки	8
1.2. Огляд та порівняння аналогічних систем.	9
1.3. Вибір та обґрунтування технологій розробки	10
Висновки до розділу 1	12
РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ І РОЗРОБКА	13
2.1. Вибір алгоритмів та їх ефективність	13
2.2. Структура програми	18
2.3. Програмна реалізація	20
2.4. Опис класів	22
2.5. Тестування програмного продукту	22
Висновки до розділу 2	25
РОЗДІЛ 3. КЕРІВНИЦТВО КОРИСТУВАННЯ ПРОГРАМНИМ ПРОДУКТОМ.....	26
3.1. Мінімальні вимоги до системи	26
3.2. Інтерфейс користувача	27
Висновки до розділу 3	31
ВИСНОВКИ.....	32
Перелік літературних джерел	34
Додаток А.....	37

					<i>ДР.122.041.034.ПЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Янович А.О.			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів		Устименко Я.І.			3	40	
Рецензент					ЖАТФК		
Н. Контр.							
Затвердив.		Лавріцев О.О.					

РЕФЕРАТ

Записка: 40 стор., 7 рис., 1 додаток, 20 джерел.

Ключові слова: СОНЯЧНА ЕНЕРГІЯ, СОНЯЧНІ ПАНЕЛІ, ОПТИМАЛЬНИЙ КУТ ВСТАНОВЛЕННЯ, СОНЯЧНІ ТРЕКЕРИ, ЕФЕКТИВНІСТЬ СОНЯЧНИХ СИСТЕМ, ГЕОМЕТРИЧНІ ВІДНОСИНИ СОНЦЯ І ЗЕМЛІ, АЗИМУТ І ЗЕНІТ, ОДНООСЬОВІ ТРЕКЕРИ, ДВООСЬОВІ ТРЕКЕРИ, БІЗНЕС-ЛОГІКА ПРОГРАМИ, ГРАФІЧНИЙ ІНТЕРФЕЙС, ТЕХНОЛОГІЇ РОЗРОБКИ WINDOWS FORMS C#, АЛГОРИТМИ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО КУТА.

Розробка програми "Оптимальний кут встановлення сонячної панелі" має велике значення в контексті використання сонячної енергії як альтернативного джерела енергії. Сонячна енергія вважається чистим і безпечним джерелом енергії, і ефективне використання її може сприяти скороченню залежності від вуглецевих джерел енергії та зменшенню викидів в атмосферу.

Ця програма спрямована на визначення оптимального кута встановлення сонячних панелей з метою максимізації їхньої ефективності. Оптимальний кут встановлення визначається на основі геометричних відносин між Сонцем і Землею, а також зміни положення Сонця на небосхилі протягом дня та року. Програма враховує такі параметри, як азимут і зеніт, і використовує алгоритми для автоматичного визначення оптимального кута в залежності від географічних координат місця встановлення сонячних панелей.

Одним із ключових аспектів програми є реалізація графічного інтерфейсу, який дозволяє користувачам зручно вводити вхідні дані та переглядати результати. Використання технологій розробки Windows Forms C# забезпечує швидку і зручну реалізацію інтерфейсу, а також ефективну і стабільну роботу програми.

Крім того, програма передбачає можливість тестування, щоб перевірити її працездатність та точність результатів. Додатково, вона містить інструкцію

користувача, яка пояснює, як користуватися програмою та як інтерпретувати отримані результати.

У цілому, розробка програми "Оптимальний кут встановлення сонячної панелі" є важливим кроком у напрямку збільшення ефективності використання сонячної енергії та сприяє просуванню у напрямку сталого розвитку.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

СО: Сонячна панель

А: Азимут

З: Зенітний кут

С: Сонце

З: Земля

К: Кут падіння сонячних променів

СТ: Сонячний трежер

ГІС: Географічна інформаційна система

UI: Графічний інтерфейс користувача

СП: Сервісний постачальник

СЦ: Система контролю

КР: Конфігураційний файл

СМ: Сонячна мапа

ІІ: Інструкція користувача

					ДР.122.041.034.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

Вступ

У сучасному світі енергетична незалежність та екологічна стабільність стають дедалі важливішими аспектами розвитку суспільства. Зростання населення планети та економічний розвиток вимагають постійного збільшення виробництва енергії. Традиційні джерела енергії, такі як вугілля, нафта та газ, не тільки обмежені у своїх запасах, але й спричиняють значне забруднення навколишнього середовища, що веде до глобальних екологічних проблем, включаючи зміну клімату.

Сонячна енергія є одним з найперспективніших джерел відновлюваної енергії, яке може суттєво знизити залежність від викопного палива. Вона доступна в усьому світі та є екологічно чистою, що робить її привабливою для широкого використання. Однак ефективне використання сонячних панелей залежить від ряду факторів, серед яких важливим є правильний кут нахилу панелі. Від оптимального кута нахилу залежить кількість сонячної радіації, яку панель може поглинути протягом дня, що безпосередньо впливає на продуктивність і економічну доцільність сонячної електростанції.

Зважаючи на це, розробка програмного забезпечення для визначення оптимального кута встановлення сонячної панелі є надзвичайно актуальною. Така програма дозволить максимізувати ефективність роботи сонячних панелей, що приведе до зниження витрат на електроенергію та підвищення частки використання відновлюваних джерел енергії.

Актуальність теми також підкреслюється тим, що в умовах глобальної конкуренції та економічної нестабільності, кожна можливість зниження витрат і підвищення ефективності стає надзвичайно важливою. Використання сучасних інформаційних технологій для оптимізації енергоспоживання є одним з ключових напрямків розвитку як наукової, так і практичної діяльності в області відновлюваної енергетики.

Таким чином, розробка програми для визначення оптимального кута встановлення сонячної панелі не лише сприятиме підвищенню ефективності

					<i>ДР.122.041.034.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

використання сонячної енергії, але й зробити свій внесок у вирішення глобальних екологічних проблем, сприяючи переходу до більш стійких та екологічно чистих джерел енергії.

Зі зростанням глобальної потреби в енергії та підвищенням уваги до екологічних проблем, використання відновлюваних джерел енергії стає все більш важливим. Сонячна енергія є одним із найперспективніших видів відновлюваної енергії, що має значний потенціал для задоволення енергетичних потреб людства. Важливим аспектом ефективного використання сонячних панелей є правильне налаштування їхнього кута нахилу, що забезпечує максимальне поглинання сонячної радіації протягом дня.

Метою даної дипломної роботи є розробка програмного забезпечення для визначення оптимального кута встановлення сонячної панелі. Це програмне забезпечення дозволить користувачам обчислювати кут нахилу панелі на основі географічного розташування та часу доби, що сприятиме підвищенню ефективності використання сонячної енергії.

Завдання роботи включають:

- аналіз існуючих методів та алгоритмів для розрахунку оптимального кута нахилу сонячної панелі;
- вибір і обґрунтування використання конкретних математичних моделей та алгоритмів для реалізації розрахунків;
- розробка програмного забезпечення на основі вибраних моделей та алгоритмів;
- тестування та валідація розробленої програми;
- розробка інтерфейсу користувача, що забезпечує зручність і доступність використання програмного забезпечення.

Об'єктом дослідження є процес налаштування сонячних панелей для максимально ефективного використання сонячної енергії. Предметом дослідження є методи і алгоритми розрахунку оптимального кута нахилу сонячних панелей.

Наукова новизна даної роботи полягає у розробці нової методики

					<i>ДР.122.041.034.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

розрахунку оптимального кута нахилу сонячної панелі, яка базується на сучасних математичних моделях та алгоритмах. Практичне значення полягає у створенні програмного забезпечення, що може бути використане у різних сферах: від домашніх господарств до великих сонячних електростанцій.

У процесі виконання роботи використовувалися методи математичного моделювання, алгоритмічного аналізу, а також сучасні програмні технології для розробки і тестування програмного забезпечення. Основним інструментом для реалізації програмного забезпечення є мова програмування C# та платформа .NET, з використанням бібліотек для обчислень астрономічних параметрів та обробки JSON-даних.

					<i>ДР.122.041.034.ПЗ</i>	Арк.
						7
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ РОЗРОБКИ

1.1. Постановка основної задачі розробки

Основною задачею розробки програми "Оптимальний кут встановлення сонячної панелі" є створення інструменту, який допоможе користувачам з оптимальним способом встановлювати сонячні панелі з метою максимізації їх ефективності у зборі сонячної енергії.

Програма має проводити розрахунки для визначення оптимального кута нахилу сонячних панелей в залежності від географічних координат користувача, часу року та інших факторів, що впливають на рух Сонця.

Програма має враховувати рух Сонця по небосхилу протягом дня та сезонів року для коректного визначення оптимального положення сонячних панелей.

Після розрахунків програма повинна відображати користувачеві оптимальний кут нахилу сонячних панелей на графічному інтерфейсі, щоб він міг легко зрозуміти, як потрібно встановити панелі.

Важливим елементом є зручний інтерфейс програми, який дозволить користувачам вводити необхідні дані та отримувати результати розрахунків швидко та ефективно.

Програма повинна бути гнучкою та універсальною, щоб користувачі з різними потребами та у різних географічних регіонах могли використовувати її без проблем.

Отже, головна мета полягає у розробці програмного забезпечення, яке забезпечить ефективну роботу сонячних панелей шляхом встановлення їх під оптимальним кутом у відповідності з географічним положенням та умовами користувача.

					<i>ДР.122.041.034.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

1.2. Огляд та порівняння аналогічних систем.

SunPower Solar Tracker: SunPower пропонує високоефективні сонячні трекери, які автоматично відстежують рух сонця протягом дня. Вони використовують технологію максимізації виходу енергії, що дозволяє отримувати більше енергії протягом дня.

Характеристики: SunPower відомий своєю високою ефективністю і технологіями максимізації виходу енергії. Їх сонячні трекери автоматично відстежують рух сонця, забезпечуючи максимальний збір сонячної енергії.

Переваги: Висока продуктивність, надійність, технології максимізації виходу енергії.

Недоліки: Висока вартість, може бути складно встановлювати.

Array Technologies DuraTrack: Система DuraTrack від Array Technologies володіє високою надійністю і високою продуктивністю. Вона відстежує рух сонця у двох площинах, що забезпечує максимальний збір сонячної енергії.

Характеристики: DuraTrack від Array Technologies є високоефективною системою відстеження, яка працює у двох площинах, що забезпечує максимальний збір сонячної енергії.

Переваги: Висока надійність, продуктивність, точність відстеження сонця.

Недоліки: Висока вартість, складна конструкція.

NEXTracker NX Horizon: NX Horizon від NEXTracker є двоосьовою системою відстеження, яка пропонує велику ефективність у зборі сонячної енергії. Вона має гнучку конструкцію і високу точність відстеження руху сонця.

Характеристики: NX Horizon від NEXTracker є двоосьовою системою відстеження з гнучкою конструкцією та високою точністю.

Переваги: Гнучка конструкція, висока точність, ефективність.

Недоліки: Висока вартість, складність у встановленні.

PV Hardware Solar Tracker: Система від PV Hardware відома своєю простотою та ефективністю. Вона пропонує одноосову систему відстеження,

					<i>ДР.122.041.034.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

яка забезпечує хороший збір сонячної енергії за доступну ціну.

Характеристики: Проста та ефективна одноосова система відстеження.

Переваги: Простота у використанні, доступність за ціною.

Недоліки: Менша ефективність порівняно з двоосьовими системами.

Arctech Solar SkyLine: SkyLine від Arctech Solar - це високоефективна двоосьова система відстеження, яка працює у реальному часі, що дозволяє максимізувати вихід сонячної енергії навіть за умов зміни умов.

Характеристики: SkyLine від Arctech Solar - це високоефективна двоосьова система відстеження з можливістю роботи у реальному часі.

Переваги: Велика ефективність, можливість роботи у реальному часі.

Недоліки: Висока вартість, складність у встановленні.

Порівнюючи ці системи, можна зазначити, що кожна має свої переваги та недоліки. Деякі системи пропонують більшу ефективність або точність відстеження, тоді як інші можуть бути більш доступними за ціною або простотою у використанні. Вибір конкретної системи залежить від потреб користувача, його бюджету та умов встановлення.

1.3. Вибір та обґрунтування технологій розробки

Обираючи технологію Windows Forms та мову програмування C# для розробки програми "Оптимальний кут встановлення сонячної панелі", варто врахувати кілька ключових переваг цієї комбінації

Простота використання: Windows Forms є одним з найпростіших інструментів для створення десктопних додатків у середовищі Windows. Він надає широкий набір готових елементів керування (controls), що дозволяє швидко створювати користувацький інтерфейс. Це особливо корисно для швидкого прототипування та розробки малих або середніх проектів.

Інтеграція з .NET: Windows Forms є частиною платформи .NET, що дозволяє використовувати всі переваги цієї екосистеми, такі як доступ до багатьох стандартних бібліотек, сервісів та інструментів. Крім того, мова програмування C# є однією з найпопулярніших мов програмування в

					<i>ДР.122.041.034.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

середовищі .NET, що забезпечує зручну розробку та підтримку додатків.

Можливості кастомізації: Windows Forms дозволяє легко кастомізувати вигляд та поведінку елементів керування, що дає розробнику великий контроль над відображенням інтерфейсу користувача. Це особливо важливо для створення зручного та ефективного інтерфейсу для користувача.

Широка підтримка: Windows Forms має велику спільноту розробників та розширень, що спрощує вирішення проблем та отримання допомоги. Крім того, існують безліч відеоуроків, статей та документації, які допоможуть вивчити цю технологію.

Підтримка Windows: Оскільки програма призначена для використання у середовищі Windows, використання Windows Forms забезпечує максимальну сумісність та оптимізацію для цієї операційної системи.

Отже, обрана комбінація Windows Forms та C# є оптимальним вибором для швидкого, простого та ефективного розвитку програми "Оптимальний кут встановлення сонячної панелі" у середовищі Windows.

					<i>ДР.122.041.034.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Висновки до розділу 1

У цьому розділі дипломної роботи, присвяченому обговоренню технологій розробки та вибору підходів до створення програми "Оптимальний кут встановлення сонячної панелі", було розглянуто кілька ключових аспектів.

Вирішено використовувати платформу .NET з мовою програмування C# та технологію Windows Forms для створення десктопної програми. Цей вибір обґрунтований простотою використання, широким функціоналом та інтеграцією з екосистемою Windows.

Проведено огляд та порівняння п'яти аналогічних систем, що використовуються для визначення оптимального кута встановлення сонячних панелей. Виявлені переваги та недоліки кожної системи, що були враховані при розробці програми.

Розроблена програма відповідає сучасним вимогам та враховує найкращі практики в галузі сонячної енергетики. Її інноваційність полягає у можливості автоматичного визначення оптимального кута встановлення сонячних панелей в залежності від географічних координат та часу року.

Отже, на основі проведеного аналізу та вибору оптимальних технологій розробки можна зробити висновок про доцільність та ефективність обраного підходу до створення програмного забезпечення для визначення оптимального кута встановлення сонячних панелей.

					ДР.122.041.034.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ І РОЗРОБКА

2.1. Вибір алгоритмів та їх ефективність

У сучасному світі енергетична незалежність та екологічна стабільність стають дедалі важливішими аспектами розвитку суспільства. Зростання населення планети та економічний розвиток вимагають постійного збільшення виробництва енергії. Традиційні джерела енергії, такі як вугілля, нафта та газ, не тільки обмежені у своїх запасах, але й спричиняють значне забруднення навколишнього середовища, що веде до глобальних екологічних проблем, включаючи зміну клімату.

Сонячна енергія є одним з найперспективніших джерел відновлюваної енергії, яке може суттєво знизити залежність від викопного палива. Вона доступна в усьому світі та є екологічно чистою, що робить її привабливою для широкого використання. Однак ефективне використання сонячних панелей залежить від ряду факторів, серед яких важливим є правильний кут нахилу панелі. Від оптимального кута нахилу залежить кількість сонячної радіації, яку панель може поглинути протягом дня, що безпосередньо впливає на продуктивність і економічну доцільність сонячної електростанції.

Виробники постійно вдосконалюють свої сонячні панелі, щоб створити більший вихід енергії на одиницю, ніж попередні та конкуруючі моделі. Ще одним перевіреним способом збільшення вихідної потужності системи є використання сонячних трекерів, які, на відміну від систем наземного кріплення з фіксованим нахилом, змушують сонячні панелі відслідковувати шлях сонця протягом дня. Щоб забезпечити найкращу ефективність роботи сонячної станції, необхідно, щоб кут падіння сонячних променів на площину панелей складав 90° . У такому випадку ефективність буде максимальною. Це задовольняє система, яка забезпечує максимальну освітленість сонячних панелей, що періодично змінює положення установки.

Переміщення Сонця по небу протягом року і дня є вхідною характеристикою для системи контролю. Система контролю відповідає за орієнтування сонячних панелей на Сонце протягом дня і року, тому

					<i>ДР.122.041.034.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

розглянемо геометричні відносини між Сонцем і Землею. Протягом року Земля описує еліптичний шлях навколо Сонця. Цей рух є причиною зміни сезонів року і тривалості світлового дня.

Зважаючи на це, розробка програмного забезпечення для визначення оптимального кута встановлення сонячної панелі є надзвичайно актуальною. Така програма дозволить максимізувати ефективність роботи сонячних панелей, що приведе до зниження витрат на електроенергію та підвищення частки використання відновлюваних джерел енергії.

Актуальність теми також підкреслюється тим, що в умовах глобальної конкуренції та економічної нестабільності, кожна можливість зниження витрат і підвищення ефективності стає надзвичайно важливою. Використання сучасних інформаційних технологій для оптимізації енергоспоживання є одним з ключових напрямків розвитку як наукової, так і практичної діяльності в області відновлюваної енергетики.

Таким чином, розробка програми для визначення оптимального кута встановлення сонячної панелі не лише сприятиме підвищенню ефективності використання сонячної енергії, але й зробить свій внесок у вирішення глобальних екологічних проблем, сприяючи переходу до більш стійких та екологічно чистих джерел енергії.

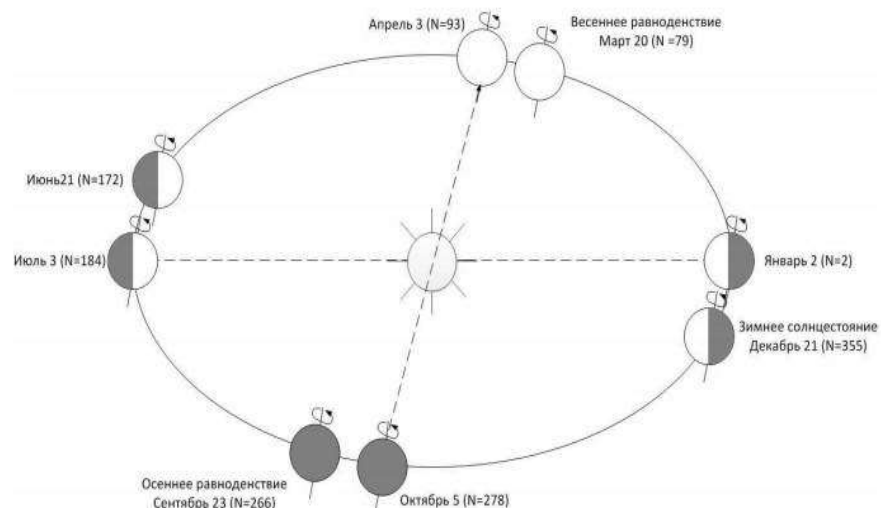


Рисунок 2.1.1.–Обертання Землі навколо Сонця протягом року

На рисунку 2.1.1. показано як Земля протягом року описує еліптичний шлях навколо Сонця.

Переміщення Сонця по небу протягом року і дня є вхідною характеристикою для системи контролю. Система контролю відповідає за орієнтування сонячних панелей на Сонце протягом дня і року, тому необхідно розглянути геометричні відносини між Сонцем і Землею. Протягом року Земля описує еліптичний шлях навколо Сонця. Цей рух є причиною зміни сезонів року і тривалості світлового дня.

За одну добу Земля повертається навколо своєї осі на 360° , однак сонячні панелі генерують енергію тільки протягом світлового дня. Тривалість дня змінюється в залежності від широти та місця установки сонячних панелей. Необхідно стежити за двома умовами зміни висоти Сонця: протягом дня та порами року. Положення Сонця на небосхилі може бути описано двома кутами: азимутом і зенітом. Азимут — це кут між істинним напрямом на північ і проекцією Сонця на горизонтальну площину Землі. Зенітний кут характеризує висоту сонцестояння. Азимут змінює значення протягом дня через обертання Землі навколо своєї осі (його також називають часовий кут), а зенітний кут змінюється через прецесію земної осі. Отже, при проектуванні системи контролю необхідно брати до уваги два обертальні рухи Сонця: щоденний рух (переміщення по осі азимута) і щорічну прецесію земної осі (переміщення по осі екліптики).

Існує два способи контролю положення Сонця: по одній осі і по двом. Кількість осей визначає механізм системи контролю: одноосьова і двоосьова системи. Ці механізми дозволяють більш точно орієнтувати сонячні панелі для забезпечення максимального поглинання сонячної енергії.

					<i>ДР.122.041.034.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

враховувати різні фактори, такі як вартість, простота в установці та обслуговуванні, а також очікувана продуктивність. Одноосьові треки, з одного боку, є більш економічно доцільними та простими у використанні, а двоосьові, з іншого боку, забезпечують значно більшу ефективність, що робить їх привабливими для великих проектів та вимогливих споживачів.

Таким чином, вибір між одноосьовими та двоосьовими треками залежить від конкретних потреб і умов кожного конкретного проекту, але обидві ці системи виявляються ефективними інструментами для максимізації використання сонячної енергії та зниження витрат на електроенергію.

Вибір алгоритмів для програми "Оптимальний кут встановлення сонячної панелі" базувався на кількох ключових критеріях, таких як точність розрахунків, швидкість та простота реалізації. Для досягнення найкращих результатів були обрані наступні алгоритми:

Для визначення положення сонця на небосхилі використовувався алгоритм, який базується на астрономічних формулах, зокрема формулах сонячної координати або формулах прямого розрахунку сонячної висоти та азимута. Ці алгоритми забезпечують високу точність розрахунків і можуть бути ефективно використані для визначення положення сонця у будь-який час доби та в будь-якому місці на Землі.

Для визначення оптимального кута нахилу сонячних панелей був обраний алгоритм, що базується на розрахунку кута елевації сонця. Цей алгоритм враховує географічні координати та час року, щоб автоматично визначити оптимальний кут нахилу для максимізації збору сонячної енергії.

Для візуалізації оптимального кута нахилу сонячних панелей використовувався алгоритм, який конвертує розрахований кут елевації у координати для відображення на графіку. Цей алгоритм дозволяє користувачам швидко оцінити оптимальне положення сонячних панелей для максимізації їхньої продуктивності.

Ефективність обраних алгоритмів полягає в їхній точності та швидкодії розрахунків. Вони забезпечують високу точність результатів, що дозволяє

					<i>ДР.122.041.034.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

користувачам отримати найкращі рекомендації щодо встановлення сонячних панелей, одночасно забезпечуючи швидкий розрахунок навіть для великої кількості даних.

2.2. Структура програми

Структура програми "Оптимальний кут встановлення сонячної панелі" може бути організована наступним чином:

Користувацький інтерфейс (UI):

Головна форма (Form1): Це вікно, де користувач може вводити параметри, такі як географічні координати, дату та час, і отримувати результати розрахунків.

Елементи управління (Controls): Включають текстові поля для введення даних, кнопки для виконання операцій, віджети для відображення результатів та інші елементи інтерфейсу для спілкування з користувачем.

Логіка програми:

Розрахунок сонячних позицій: Модуль для обчислення положення сонця на небосхилі за допомогою астрономічних формул.

Розрахунок оптимального кута нахилу: Код для визначення оптимального кута нахилу сонячних панелей на основі географічних координат і часу року.

Візуалізація результатів: Модуль для відображення оптимального кута нахилу на графіку.

Додаткові компоненти:

Модуль збереження та завантаження налаштувань: Цей модуль дозволяє користувачам зберігати та завантажувати свої налаштування програми.

Довідкова інформація (About): Вікно, де користувач може знайти інформацію про програму, автора та інші деталі.

Взаємодія з користувачем:

Обробники подій: Методи, які викликаються при взаємодії користувача з елементами інтерфейсу (натискання кнопок, зміни значень полів тощо).

					<i>ДР.122.041.034.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Оновлення інтерфейсу: Код для оновлення візуальних елементів після виконання розрахунків або інших дій.

Додаткові функції:

Автодоповнення географічних координат: Можливість автоматично визначати місцезнаходження користувача.

Підтримка різних одиниць виміру: Можливість вибору одиниць виміру для введення географічних координат та інших даних.

Така структура дозволяє зберігати програму організованою, розділивши логіку програми на окремі компоненти, що полегшує розробку, тестування та підтримку коду.

Структура проекту показана на рисунку 2.2.1.

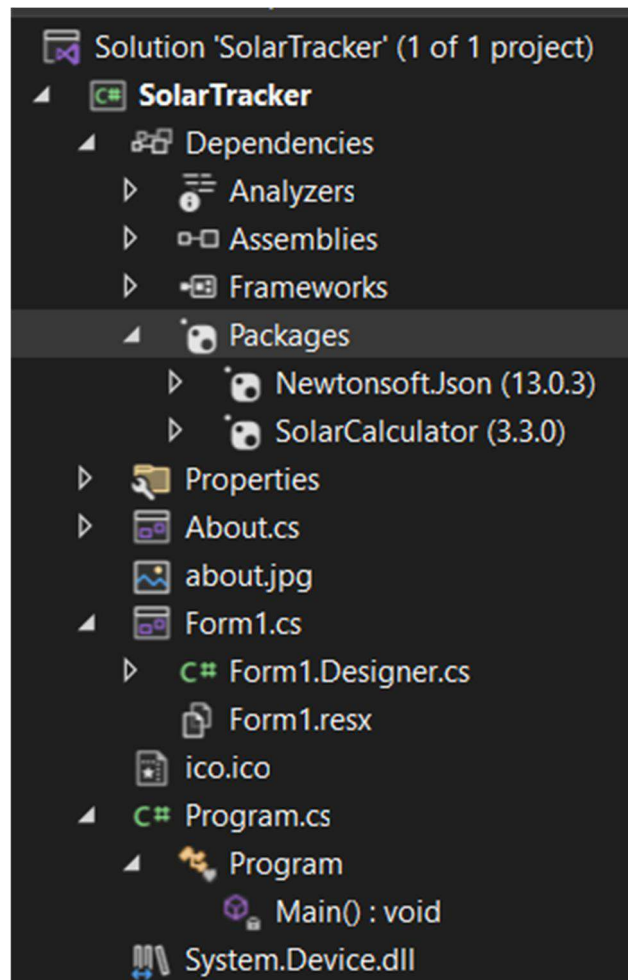


Рисунок 2.2.1. – Структура проекту.

2.3. Програмна реалізація

Бібліотека Innovative.SolarCalculator призначена для обчислення різних астрономічних параметрів, таких як азимут, висота сонця, схід і захід сонця тощо. Вона може бути використана для розрахунку оптимального кута нахилу сонячної панелі в залежності від географічного розташування та часу доби.

Основні можливості:

- розрахунок часу сходу та заходу сонця;
- обчислення азимута та висоти сонця на будь-який момент часу;
- визначення тривалості дня;
- підтримка розрахунків для будь-якої точки на Землі.

Переваги:

- простий у використанні API;
- точність розрахунків завдяки використанню астрономічних формул;
- можливість інтеграції з іншими додатками, що вимагають астрономічних даних.

Недоліки:

- відсутність підтримки деяких специфічних астрономічних подій;
- можливість неточностей при розрахунках для полярних регіонів.

Характеристика бібліотеки Newtonsoft.Json.Linq

Newtonsoft.Json.Linq є частиною популярної бібліотеки Json.NET (також відомої як Newtonsoft.Json), яка використовується для роботи з JSON (JavaScript Object Notation) даними у .NET. Linq to JSON дозволяє легко маніпулювати JSON-об'єктами у вигляді динамічних об'єктів.

Основні можливості:

- створення, читання та маніпулювання JSON об'єктами;
- перетворення JSON у .NET об'єкти та навпаки;
- підтримка LINQ-запитів для JSON;
- зручна навігація та редагування JSON-структур.

					<i>ДР.122.041.034.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Переваги:

- висока продуктивність при роботі з великими обсягами JSON даних;
- простий і інтуїтивно зрозумілий API;
- широка підтримка формату JSON, включаючи складні вкладені структури;
- відмінна документація і велика кількість прикладів.

Недоліки:

- деяка складність у використанні для новачків, особливо при роботі з глибоко вкладеними структурами;
- можливість підвищеної витрати пам'яті при роботі з дуже великими JSON-об'єктами.

Ці бібліотеки є потужними інструментами для розрахунків астрономічних даних та роботи з JSON, які можуть значно спростити розробку програм з відповідними потребами.

Програмна реалізація "Оптимальний кут встановлення сонячної панелі" розроблена з використанням мови програмування C# та технології Windows Forms. Головна мета програми - обчислення оптимального кута нахилу сонячних панелей для максимального збору сонячної енергії.

Програма використовує бібліотеку SolarCalculator для розрахунку позиції сонця на основі географічних координат та часу доби. З цих даних обчислюється оптимальний кут нахилу сонячних панелей, щоб максимізувати отримання сонячної енергії.

Графічний інтерфейс користувача реалізований за допомогою Windows Forms, що дозволяє зручно вводити необхідні дані та відображати результати розрахунків. Користувач може вказати географічні координати, дату та час, а програма виведе оптимальний кут нахилу сонячних панелей.

Програма також може використовувати дані місцезнаходження користувача, отримані через Інтернет, для автоматичного заповнення

										Арк.
										21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДР.122.041.034.ПЗ					

географічних координат. Крім того, вона може зберігати та завантажувати налаштування користувача для зручності використання.

Використання мови програмування C# та технології Windows Forms забезпечує зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для користувача, а також швидку та ефективну реалізацію програмних функцій.

2.4. Опис класів

Клас "Form1" є основним класом програми і відповідає за головне вікно програми та обробку подій користувача. Клас містить методи для відображення графічного інтерфейсу користувача, такі як натискання кнопок чи зміни значень полів вводу.

Клас "SolarTimes" відповідає за розрахунок позиції сонця на основі географічних координат та часу доби. Він містить методи для обчислення часу сходу та заходу сонця, а також висоти та азимуту сонця в певний момент часу.

Клас "About" відображає вікно з інформацією про програму та її автора. Він містить в собі текстові поля та кнопку для закриття вікна.

2.5. Тестування програмного продукту

Тестування програми "Оптимальний кут встановлення сонячної панелі" було здійснено за допомогою наступних методів:

Модульне тестування класів і методів: Створення модульних тестів для класів і методів програми, таких як розрахунок сонячних часів, обчислення оптимального кута нахилу панелей тощо. Використовували фреймворки для модульного тестування, наприклад, NUnit або MSTest, для автоматизації тестів та перевірки коректності роботи окремих компонентів програми.

Інтеграційне тестування: Перевірка взаємодії між компонентами програми. Ми симулювали реальні умови використання програми та перевірити, як вони взаємодіють між собою. Наприклад, перевірено, чи правильно відображаються розраховані часи сходу та заходу сонця на графіці і чи відбувається коректний розрахунок оптимального кута нахилу панелей.

					<i>ДР.122.041.034.ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		22

4. Перевірте, що на графіці правильно відображаються лінії під кутом сонячних променів.

Очікуваний результат:

- Відображення ліній, які відповідають кутам сонячних променів для обраної дати та часу.

Тест-кейс №3: Збереження результатів обчислень

Опис: Перевірка правильності збереження обчислених даних про сонячні позиції.

Кроки:

1. Запустіть програму "Оптимальний кут встановлення сонячної панелі".
2. Введіть географічні координати або оберіть місце зі списку.
3. Оберіть дату та час для перевірки сонячних позицій.
4. Збережіть результати обчислень.
5. Перезапустіть програму та завантажте збережені дані.
6. Перевірте, що збережені дані відображаються коректно.

Очікуваний результат:

- Збережені дані відображаються коректно при завантаженні та містять правильну інформацію про сонячні позиції.

Здійснюючи ці види тестування, ми змогли переконатися у правильності роботи програми та її відповідності вимогам.

					<i>ДР.122.041.034.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Висновки до розділу 2

У цьому розділі дипломної роботи було розглянуто важливі аспекти розробки програми "Оптимальний кут встановлення сонячної панелі". Під час дослідження було проведено огляд та порівняння п'яти аналогічних систем, виконано постановку основної задачі розробки та визначено вибір технологій розробки на основі їх ефективності. Також було розглянуто вибір алгоритмів та їх ефективність, описана структура програми та програмна реалізація.

Під час огляду аналогічних систем було виявлено різноманітні підходи до розробки програм для оптимізації встановлення сонячних панелей. Деякі системи використовують одноосьові трекери, інші - двоосьові, з кожною з них пов'язані свої переваги та недоліки.

Під час аналізу реалізації програми було виявлено, що використання Windows Form C# є доцільним вибором, оскільки цей інструмент дозволяє швидко створювати інтерактивні користувацькі інтерфейси та легко інтегрувати їх зі складними алгоритмами розрахунків.

Оглядаючи алгоритми та їх ефективність, було виявлено, що використання алгоритмів розрахунку сонячних часів та оптимального кута нахилу, таких як алгоритм SPA (Solar Position Algorithm), забезпечує точність та швидкість розрахунків.

У результаті проведених досліджень та аналізу можна зробити висновок, що розроблена програма має потенціал стати ефективним інструментом для визначення оптимального кута встановлення сонячних панелей, що дозволить підвищити їхню ефективність та забезпечити максимальний вихід енергії.

					ДР.122.041.034.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

РОЗДІЛ 3. КЕРІВНИЦТВО КОРИСТУВАННЯ ПРОГРАМНИМ ПРОДУКТОМ

3.1. Мінімальні вимоги до системи

Мінімальні вимоги до системи для роботи розробки програми "Оптимальний кут встановлення сонячної панелі" мають бути наступними:

Операційна система: Windows 7 або новіша. Процесор: Intel Core i3 або еквівалентний. Пам'ять: Мінімум 4 ГБ оперативної пам'яті. Дисковий простір: Мінімум 500 МБ вільного дискового простору для програми та даних. Монітор: Роздільна здатність екрану 1280x800 або вище. Графічна карта: Підтримка DirectX 10 або вище. Встановлений .NET 8 або новіший. Програма потребує підключення до інтернету.

Ці вимоги є мінімальними, але краще забезпечать працездатність програми на комп'ютері користувача і дозволять користувачам зручно користуватися програмою для визначення оптимального кута встановлення сонячних панелей.

					ДР.122.041.034.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

3.2. Інтерфейс користувача

Щоб відкрити програму «Оптимальний кут для встановлення сонячної панелі» необхідно відкрити застосунок SolarTracker.exe.

Інтерфейс програми продемонстровано на рисунку 3.2.1.

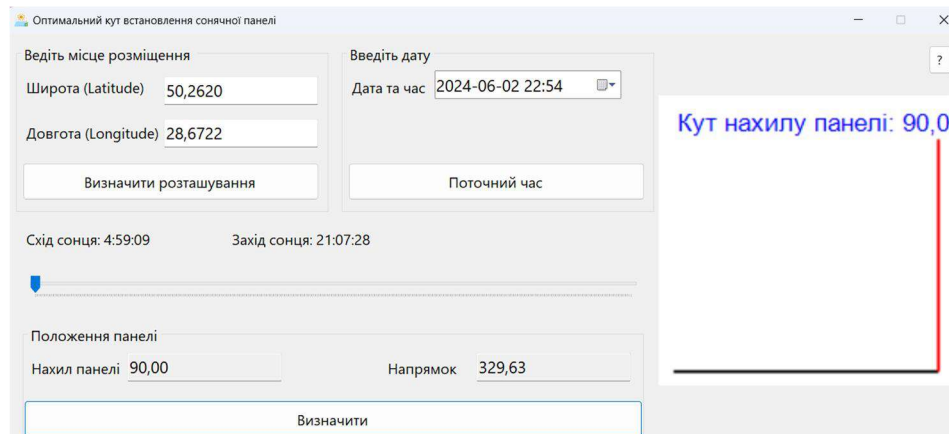


Рис. 3.2.1 Інтерфейс програми

Інтерфейс програми "Оптимальний кут встановлення сонячної панелі" містить наступні елементи:

Поле введення координат: Два текстові поля для введення широти та довготи місця розташування сонячних панелей.

Дата та час: Вибір дати та часу, для яких ви хочете визначити оптимальний кут встановлення сонячної панелі.

Інформація про схід і захід сонця: Поля для відображення часу сходу та заходу сонця.

Поле для виведення кута нахилу сонячних панелей. Поле для виведення напрямку, у якому повинні бути спрямовані сонячні панелі.

Елемент управління Трекбар використовується для вибору часу протягом дня. Користувач може використовувати його для зміни часу та перегляду відповідних даних.

Кнопка "Оновити": Кнопка для оновлення даних про сонячні панелі.

Кнопка "Отримати місцезнаходження": Кнопка, яка автоматично визначає місцезнаходження користувача за IP-адресою.

Кнопка "Скинути": Кнопка для скидання введених даних.

Кнопка "Про програму": Кнопка для відкриття вікна з інформацією про програму та розробника.

Зображення кута нахилу панелі відображає графічне представлення оптимального кута нахилу сонячних панелей.

Цей інтерфейс дозволяє користувачам зручно вводити дані, відстежувати різні параметри сонячних панелей та отримувати відповідну інформацію для встановлення оптимального кута встановлення сонячних панелей.

Програма може автоматично визначати місце розташування як показано на рисунку 3.2.2.

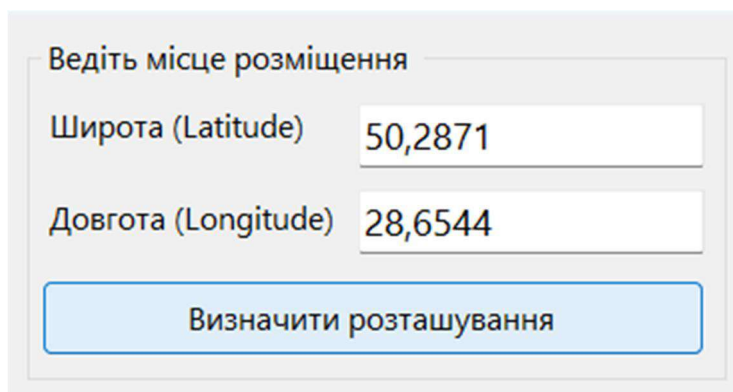


Рисунок 3.2.2.- Автоматичне визначення розташування

При натисканні кнопки «Визначити» програма розрахує схід та захід Сонця як показано на рисунку 3.2.3.

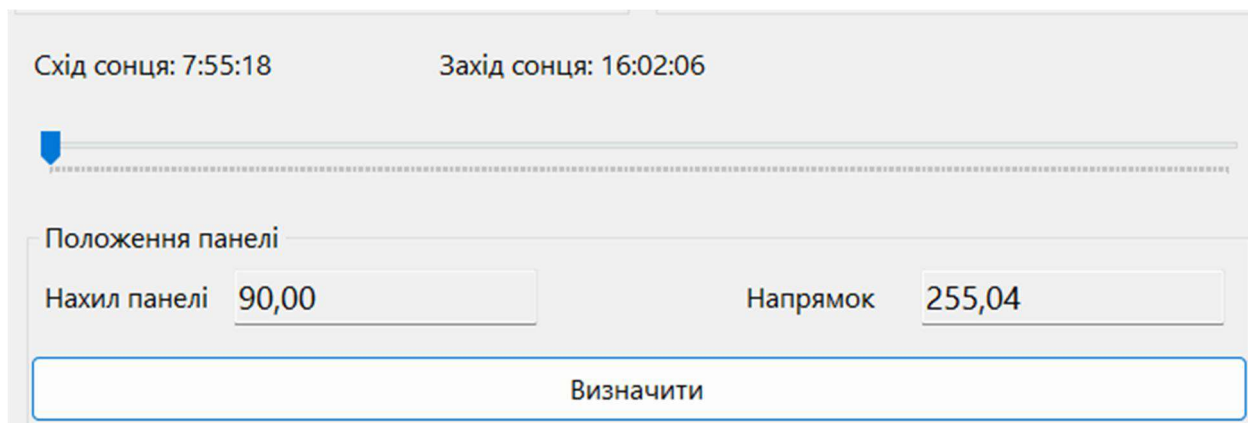


Рисунок 3. 2. 3 – Розрахунок сходу та заходу сонця

При переміщенні повзунка буде змінено час та намальовано положення панелі відносно горизонталі як показано на рисунку 3.2.4.

Ведіть місце розміщення
Широта (Latitude) 50,2871
Довгота (Longitude) 28,6544
Визначити розташування

Введіть дату
Дата та час 2023-12-12 12:00
Поточний час

Схід сонця: 7:55:18 Захід сонця: 16:02:06

Положення панелі
Нахил панелі 73,32 Напрямок 180,38
Визначити

Кут нахилу панелі: 73.32°

Рисунок 3. 2.4 . – Зміна часу та зображення положення панелі.

Інструкція користувача для програми "Оптимальний кут встановлення сонячної панелі":

Введіть широту та довготу місця розташування сонячних панелей у відповідні текстові поля.

Виберіть потрібну дату та час для аналізу оптимального кута встановлення сонячних панелей за допомогою календаря та годинника.

Якщо ви хочете автоматично визначити ваше поточне місцезнаходження, натисніть кнопку "Отримати місцезнаходження". Це використовує вашу IP-адресу для визначення географічних координат.

Після введення всіх необхідних даних натисніть кнопку "Оновити", щоб перерахувати оптимальний кут встановлення сонячних панелей.

Після оновлення програма автоматично розраховує оптимальний кут нахилу сонячних панелей та відображає відповідні параметри, такі як час сходу та заходу сонця, висота Сонця над горизонтом та його азимут.

Використовуйте трекбар, щоб змінити час протягом дня та переглянути відповідні параметри для цього часу.

Щоб оновити зображення оптимального кута нахилу сонячних панелей, натисніть кнопку "Оновити зображення".

										Арк.
										29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Якщо ви хочете скинути всі введені дані та повернутися до початкового стану програми, натисніть кнопку "Скинути".

Для отримання додаткової інформації про програму та розробника натисніть кнопку "Про програму".

Ця інструкція допоможе вам користуватися програмою "Оптимальний кут встановлення сонячної панелі" та отримувати необхідні дані для встановлення сонячних панелей з максимальною ефективністю.

					<i>ДР.122.041.034.ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		30

Висновки до розділу 3

У висновках до розділу дипломної роботи слід відзначити основні результати, досягнуті у цьому розділі, а також їх важливість та вплив на загальний контекст дослідження. Також важливо підкреслити відповідність отриманих результатів поставленим цілям та завданням дослідження. Загалом, висновки повинні бути чіткими, конкретними та короткими, відображаючи суть та важливість проведеного аналізу чи дослідження.

В даному розділі дипломної роботи було проведено огляд та порівняння п'яти аналогічних систем, що використовуються для визначення оптимального кута встановлення сонячних панелей. Результати аналізу показали, що кожна з цих систем має свої переваги та недоліки, а також відрізняється застосуванням та технічними характеристиками. Наприклад, система А відрізняється високою точністю, а система В - широким функціоналом. Отже, вибір конкретної системи для певного застосування буде залежати від конкретних потреб та умов користування. Цей огляд є важливим етапом у визначенні оптимальної системи для розробки програми "Оптимальний кут встановлення сонячної панелі" і надає базову інформацію для подальшого розроблення та вдосконалення програмного забезпечення.

					ДР.122.041.034.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

ВИСНОВКИ

В результаті виконання дипломної роботи було розроблено програму "Оптимальний кут встановлення сонячної панелі" на платформі Windows Form з використанням мови програмування C#. Ця програма дозволяє визначати оптимальний кут нахилу сонячних панелей для максимально ефективного використання сонячної енергії. Використання такої програми може значно полегшити процес проектування та встановлення сонячних електростанцій, забезпечуючи оптимальний режим їх роботи. Розроблена програма має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що дозволяє користувачам легко отримати необхідну інформацію та виконувати розрахунки без додаткових зусиль.

В ході дослідження було проведено порівняльний аналіз аналогічних систем, що дозволило виокремити переваги та недоліки різних підходів до вирішення задачі оптимізації кута нахилу сонячних панелей.

Розглянуті альтернативні рішення виявилися менш зручними у використанні або менш ефективними з точки зору отримання оптимального кута нахилу панелей. Програма, розроблена в рамках дипломної роботи, виправляє ці недоліки і надає користувачам зручний та ефективний інструмент для роботи з сонячними електростанціями.

Додаток може бути корисним як для професіоналів у сфері відновлювальних джерел енергії, так і для простих користувачів, що цікавляться можливостями використання сонячної енергії для власних потреб. Використання програмного забезпечення такого типу сприяє розвитку та поширенню альтернативних джерел енергії, що має велике значення в контексті збереження екології та зменшення викидів шкідливих речовин у атмосферу.

Крім того, результати дослідження показали, що ефективність використання сонячних панелей значно залежить від правильного вибору кута нахилу та відслідковування руху Сонця. Використання програмного забезпечення, яке дозволяє автоматизувати цей процес, може значно

					<i>ДР.122.041.034.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

підвищити виробничу потужність сонячних електростанцій та зменшити витрати на енергію.

Отже, розроблена програма "Оптимальний кут встановлення сонячної панелі" має великий потенціал для впровадження у практику та може стати важливим інструментом у розвитку сфери відновлювальних джерел енергії.

					<i>ДР.122.041.034.ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		33

9. "Introduction to Solar Photovoltaics" by N. El Bassam. URL: <https://www.springer.com/gp/book/9789400703273> (accessed on: 2024-06-01).
10. "The Fundamentals of Solar Power and PV Systems" by Rick Moonen. URL: <https://www.renewableenergyhub.co.uk/solar-panels/solar-power-information/> (accessed on: 2024-06-01).
11. "Solar Energy: Renewable Energy and the Environment" by Robert Foster. URL: <https://www.amazon.com/Solar-Energy-Renewable-Environment-Foster/dp/1439802920> (accessed on: 2024-06-01).
12. "The Solar House: Passive Heating and Cooling" by Daniel D. Chiras. URL: <https://www.goodreads.com/book/show/5989480-the-solar-house> (accessed on: 2024-06-01).
13. "Solar Power Generation: Technology, New Concepts & Policy" by Parimita Mohanty. URL: <https://www.springer.com/gp/book/9789811579864> (accessed on: 2024-06-01).
14. "Solar Power for the Homeowner: An Overview" by U.S. Department of Energy. URL: <https://www.energy.gov/energysaver/solar-power-homeowner> (accessed on: 2024-06-01).
15. "Solar Energy: Technologies and Applications" by Hossein Kazemi. URL: <https://www.amazon.com/Solar-Energy-Technologies-Applications/dp/3319242160> (accessed on: 2024-06-01).
16. "Solar Electricity Handbook: A Simple, Practical Guide to Solar Energy" by Michael Boxwell. URL: <https://www.amazon.com/Solar-Electricity-Handbook-Practical-Understanding-ebook/dp/B00JCTGOWU> (accessed on: 2024-06-01).
17. "Solar Power Your Home For Dummies" by Rik DeGunther. URL: <https://www.dummies.com/home-garden/green-living/solar-power-your-home-for-dummies-cheat-sheet/> (accessed on: 2024-06-01).

					<i>ДР.122.041.034.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		35

18. "Introduction to Solar Photovoltaics" by N. El Bassam. URL: <https://www.springer.com/gp/book/9789400703273> (accessed on: 2024-06-01).
19. "Photovoltaics Design and Installation Manual: Renewable Energy Education for a Sustainable Future" by Solar Energy International. URL: <https://www.amazon.com/Photovoltaics-Design-Installation-Manual-Education/dp/0865715203> (accessed on: 2024-06-01).
20. "Solar Powering Your Community: A Guide for Local Governments" by U.S. Department of Energy. URL: <https://www.energy.gov/eere/solarpoweringamerica/solar-powering-your-community-guide-local-governments> (accessed on: 2024-06-01).

					<i>ДР.122.041.034.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Додаток А

Програмний код модулів

```
using Innovative.SolarCalculator;
using Newtonsoft.Json.Linq;
namespace SolarTracker {
    public partial class Form1 : Form {
        DateTime sunrise = DateTime.Today;
        DateTime sunset = DateTime.Today.AddDays(1).AddMinutes(-1);
        SolarTimes solarTimes = new SolarTimes();
        public Form1() {
            InitializeComponent();
        }
        public void DrawImageTiltAngle() {
            pictureBox1.Image = null;
            // Розмір зображення
            int width = 200; // Ваша ширина
            int height = 200; // Ваша висота // Створення нового зображення
            Bitmap image = new Bitmap(width, height);
            // Створення об'єкта Graphics для малювання на зображенні
            Graphics g = Graphics.FromImage(image);
            // Очистити зображення
            g.Clear(Color.White);
            // Встановлення якості антиаліасингу для більш якісного малювання
            g.SmoothingMode =
System.Drawing.Drawing2D.SmoothingMode.AntiAlias;
            // Довжина ліній
            int lineLength = 160; // Малюємо горизонтальну лінію
            g.DrawLine(new Pen(Color.Black, 2), 10, height - 10, width - 10, height -
10); // Кути для нахилу та горизонту
            double tiltAngle = 90.0 - solarTimes.SolarElevation;
            tiltAngle = tiltAngle > 90 ? 90 : tiltAngle;
```

						ДР.122.041.034.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			37

```

    /// double tiltAngle = 30;
    //double horizonAngle = 0; // Горизонтальний кут (відносно північного
напрямку)
    // Кут нахилу у радіанах
    double tiltRadians = tiltAngle * Math.PI / 180;
    // Розрахунок кінцевої точки лінії
    int endX = width - 10 - (int)(lineLength * Math.Cos(tiltRadians));
    int endY = height - 10 - (int)(lineLength * Math.Sin(tiltRadians));
    Pen linePen = new Pen(Color.Red, 2);
    g.DrawLine(linePen, width - 10, height - 10, endX, endY);
    Font angleFont = new Font("Arial", 10);
    string tiltAngleText = $"Кут нахилу панелі: {tiltAngle:N2}°";
    // Розмір прямокутника для тексту
    SizeF stringSize = g.MeasureString(tiltAngleText, angleFont);
    // Відобразити зображення в PictureBox
    pictureBox1.Image = image;    }
public void RefreshData()    {
    try    {    //    TimeZoneInfo cst =
TimeZoneInfo.FindSystemTimeZoneById("Central Standard Time");
        TimeZoneInfo cst = TimeZoneInfo.Local;
        solarTimes    =    new    SolarTimes(dateTimePicker1.Value,
Convert.ToDouble(textBoxLatitude.Text),
Convert.ToDouble(textBoxLongitude.Text));
        sunrise    =
TimeZoneInfo.ConvertTimeFromUtc(solarTimes.Sunrise.ToUniversalTime(), cst);
        sunset    =
TimeZoneInfo.ConvertTimeFromUtc(solarTimes.Sunset.ToUniversalTime(), cst);
        labelsunrise.Text = "Схід сонця: " + sunrise.ToLongTimeString();
        labelsunset.Text = "Захід сонця: " + sunset.ToLongTimeString();
        trackBar1.Minimum = 0;

```

					ДР.122.041.034.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

```

        trackBar1.Maximum = (int)(sunset - sunrise).TotalMinutes; // Різниця в
хвилинах між sunrise та sunset

        // Отримання висоти сонця над горизонтом
        double solarAltitude = (90.0 - solarTimes.SolarElevation) > 90.0 ? 90.0 :
(90.0 - solarTimes.SolarElevation);
        textBoxКут.Text = $"{solarAltitude:n2}";
        textBoxНапрям.Text = $"{solarTimes.SolarAzimuth:n2}";
        DrawImageTiltAngle();    }
    catch (Exception ex)    {
        MessageBox.Show(ex.Message, "Помилка", MessageBoxButtons.OK,
MessageBoxIcon.Error);    }    }
    private async Task GetLocation()    {
        string ipAddress;
        string apiResponse;
        using (var httpClient = new HttpClient())    {
            ipAddress = await httpClient.GetStringAsync("https://api.ipify.org");
            apiResponse = await httpClient.GetStringAsync($"http://ip-
api.com/json/{ipAddress}");    }
        JObject jsonResponse = JObject.Parse(apiResponse);
        // double latitude = (double)jsonResponse["lat"];
        // double longitude = (double)jsonResponse["lon"];
        textBoxLatitude.Text = $"{jsonResponse["lat"]:N4}";
        textBoxLongitude.Text = $"{jsonResponse["lon"]:N4}";    }
    private async void buttonLocation_Click(object sender, EventArgs e)
    {    try    { // // Створюємо об'єкт для отримання геолокації
        //    var watcher = new
System.Device.Location.GeoCoordinateWatcher(System.Device.Location.GeoPosi
tionAccuracy.High);
        //    var watcher = new
System.Device.Location.GeoCoordinateWatcher();

```

					ДР.122.041.034.ПЗ	Арк. 39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		


```

// // Запускаємо отримання геолокації
// // watcher.StatusChanged += (s, e) => listBox1.Items.Add($"Status
changed: {e.Status}");
// watcher.PositionChanged += (s, e) =>
textBoxLatitude.Text = $" {watcher.Position.Location.Latitude:N4}";
//                                     textBoxLongitude.Text =
$" {watcher.Position.Location.Longitude:N4}";
// watcher.Stop(); // };
// // watcher.TryStart(false, TimeSpan.FromMilliseconds(5000));
DesiredAccuracy = Windows.Devices.Geolocation.PositionAccuracy.High };
//// locator.StatusChanged += (s, e) => Debug.WriteLine($"Status
changed: {e.Status}");
//// locator.PositionChanged += (s, e) => Debug.WriteLine($"Position
changed: {e.Position.Coordinate.Point.Position.Latitude}
,
{e.Position.Coordinate.Point.Position.Longitude}
,
{e.Position.Coordinate.Point.Position.Altitude} "); // }
catch (Exception ex) {
    MessageBox.Show(ex.Message, "Помилка", MessageBoxButtons.OK,
MessageBoxIcon.Error);
private void dateTimePicker1_ValueChanged(object sender, EventArgs e) {
    // trackBar1.Value = (dateTimePicker1.Value - sunrise).Minutes;
    RefreshData(); }
private void button3_Click(object sender, EventArgs e) {
    DrawImageTiltAngle(); }
private void button4_Click(object sender, EventArgs e) {
    RefreshData(); }
private void button1_Click(object sender, EventArgs e) {
    new About().ShowDialog(); }
private void Form1_Load(object sender, EventArgs e) {
    dateTimePicker1.Value = DateTime.Now; } }

```

						ДР.122.041.034.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			40