

Smart IoT-Based Microgrid Monitoring and Management Platform for Agrivoltaics

基於智慧物聯網技術之農電共生
微電網監控與管理平台

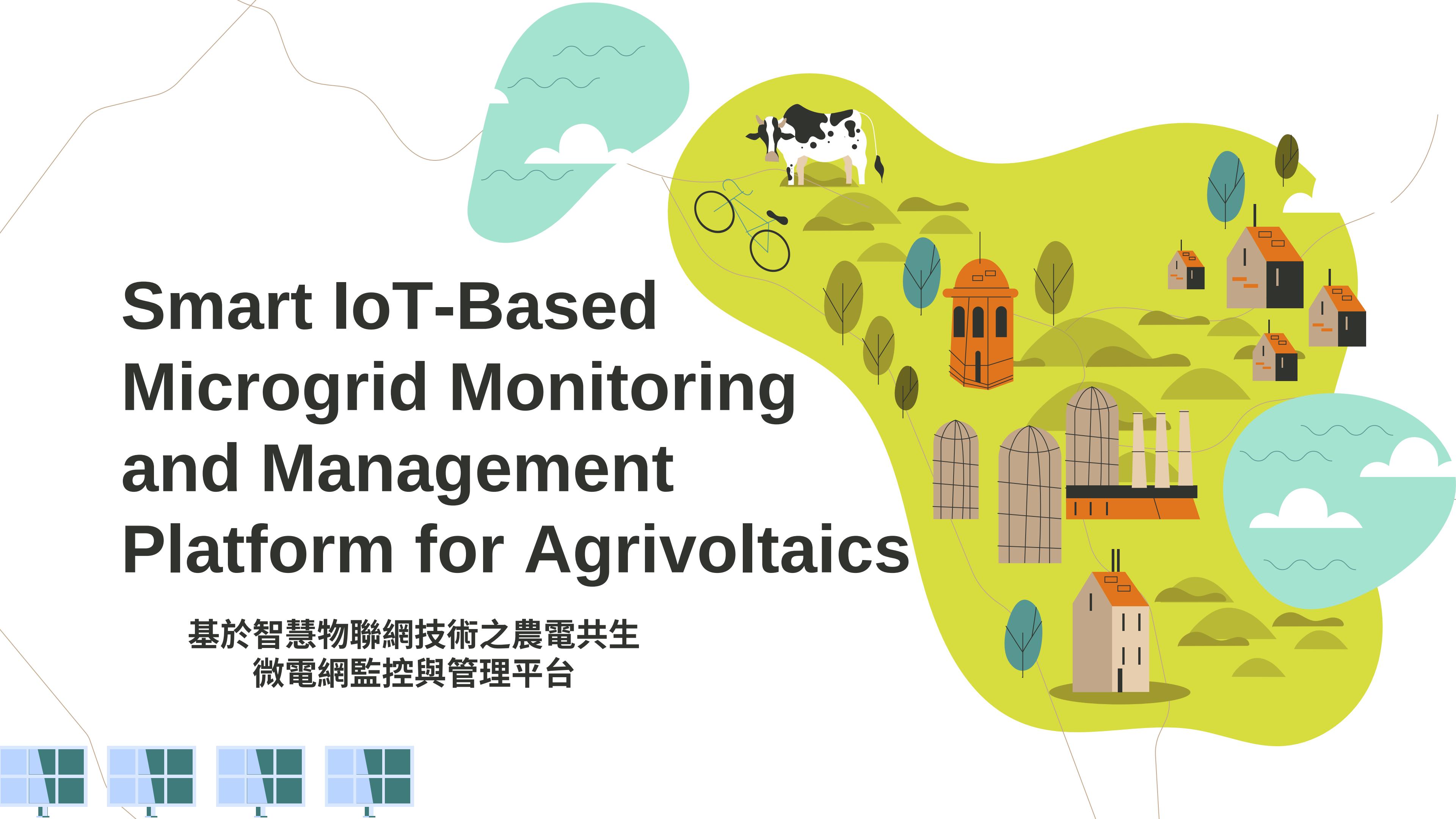
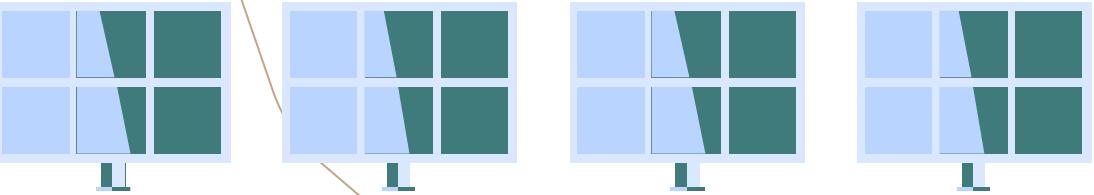


Table of contents

01
Introduction

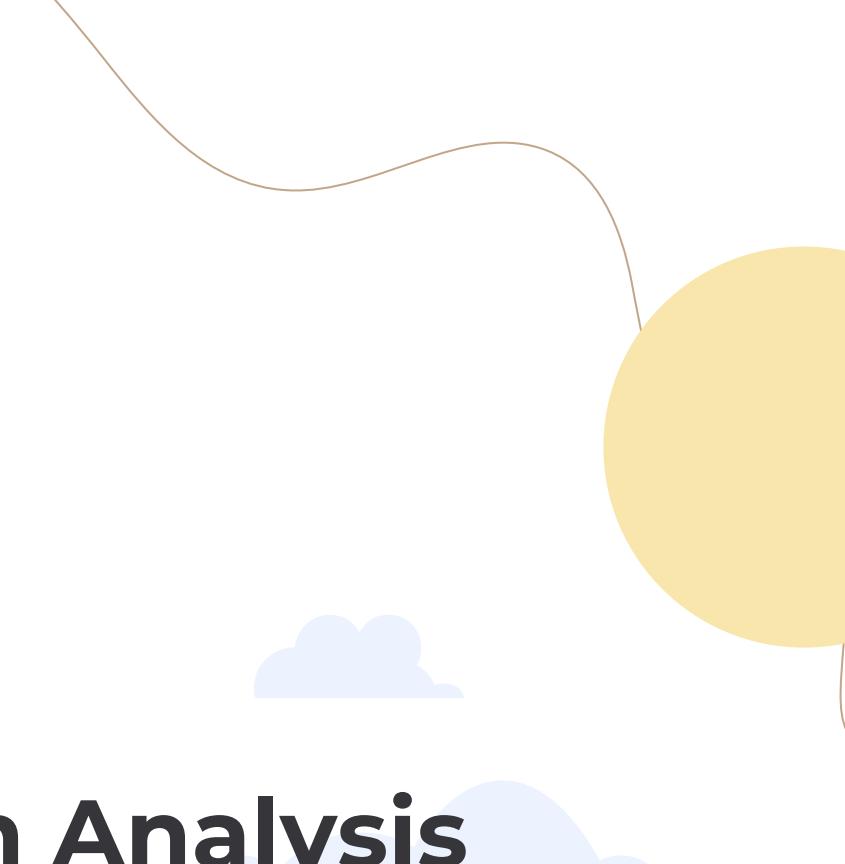
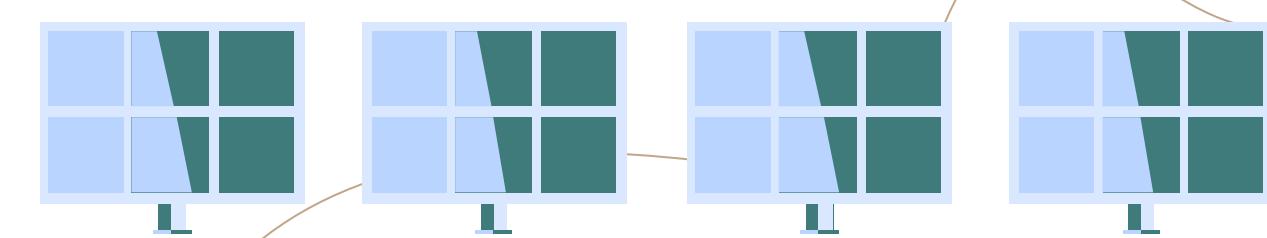
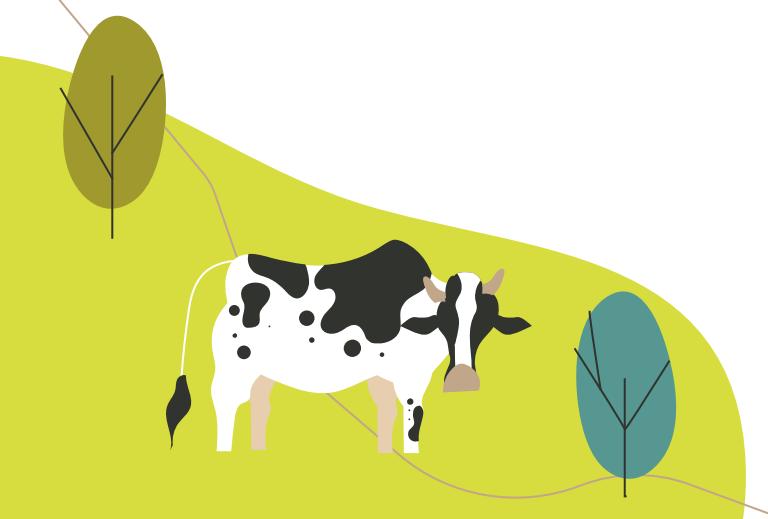
04
**Solution Design
and Concept**

02
**Background and
Motivation**

05
**System Features
and Design**

03
Problem Analysis

06
**Final Thoughts
and Next Steps**



Team : 第一次比賽

指導教授：黃仁竑教授



陽明交通大學智慧系統與應用研究所
張筠婷



陽明交通大學智慧科技與計算研究所
王羿婷



陽明交通大學智慧科技與計算研究所
歐杰妮



陽明交通大學智慧物聯網產碩專班
陳煒函



陽明交通大學智慧物聯網產碩專班
李崇楷



陽明交通大學智慧科技與計算研究所
柯奉煌



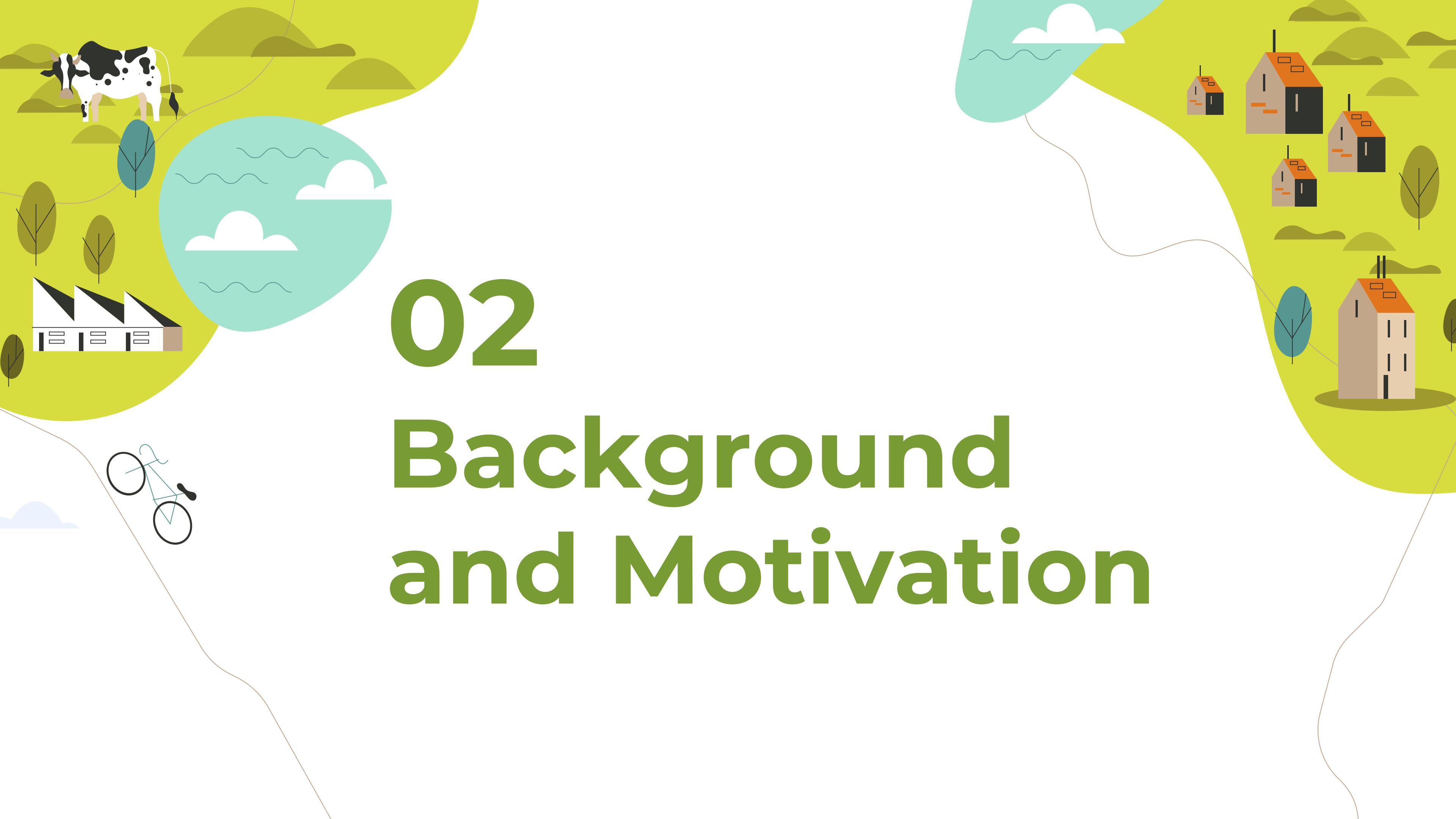
01

Introduction

Project Introduction

我們的作品「農電共生：休閒農場的微型電網創新」致力於實現智能農業與可再生能源的有效結合，具有以下核心功能：

- 1. 發電量預測：**通過訓練的預測模型，能準確預測未來的發電量，幫助農場管理者更好地規劃用電需求，確保穩定的能源供應，並節省能源使用。
- 2. 太陽能板異常偵測：**利用攝像頭拍攝的資料進行即時異常檢測，及早識別太陽能板的運行問題，降低維護成本，提升系統穩定性。
- 3. 自動化控制系統：**透過LightController等硬體設備，自動控制燈光的開關，根據環境光照條件實現智慧節能，提升農場的運作效率。
- 4. 資料收集與分析：**系統可收集太陽能板的運行資料，並在智慧節能數據管理平台上進行資料分析，提供清晰的視覺化結果，支援休閒農場經營者做出更有效的決策。



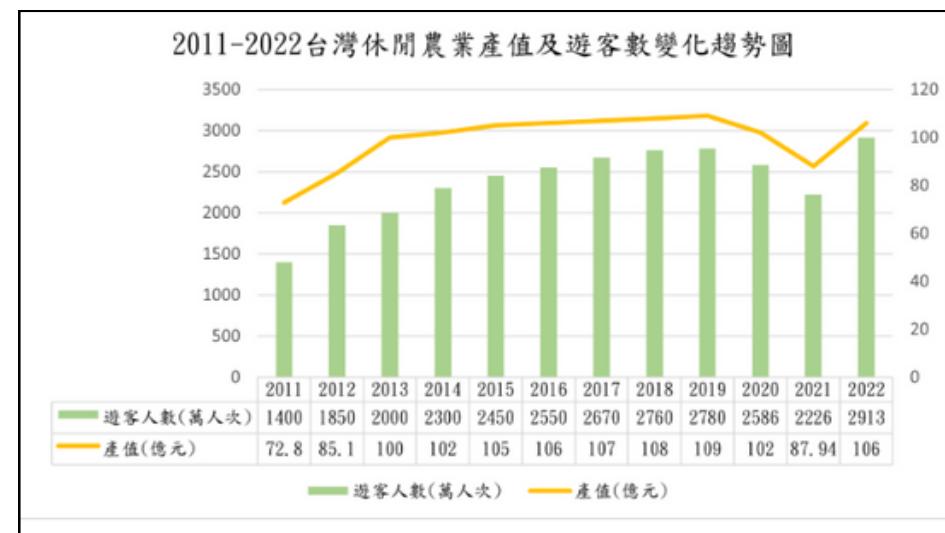
02

Background and Motivation

Background and Motivation - (1/2)

Industry overview

台灣的休閒農業在近年顯著增長，不僅產值持續攀升，訪客數量也顯著增加，顯示出強大的市場吸引力。



2011到2022年間台灣休閒農業產值及遊客數變化趨勢圖。

來源：行政院農業委員會、交通部觀光署

Current Challenge

隨著產業的擴大，能源消耗和管理問題逐漸成為可持續發展的挑戰。從2016年至2023年，農業用電需求逐年增加，造成供電壓力加大。此外，電力短缺和運營成本的上升，對農業生產的穩定性造成了顯著影響。

Dependence on Energy

台灣的農業高度依賴進口能源，加上再生能源發展面臨瓶頸，對於農業經營者來說，這種依賴性意味著更高的成本和風險。加上政府取消了對農業用電的優惠政策，進一步加重了經營者的成本壓力，影響了他們的生產和管理能力。

Background and Motivation - (2/2)

Need for Sustainable Solutions

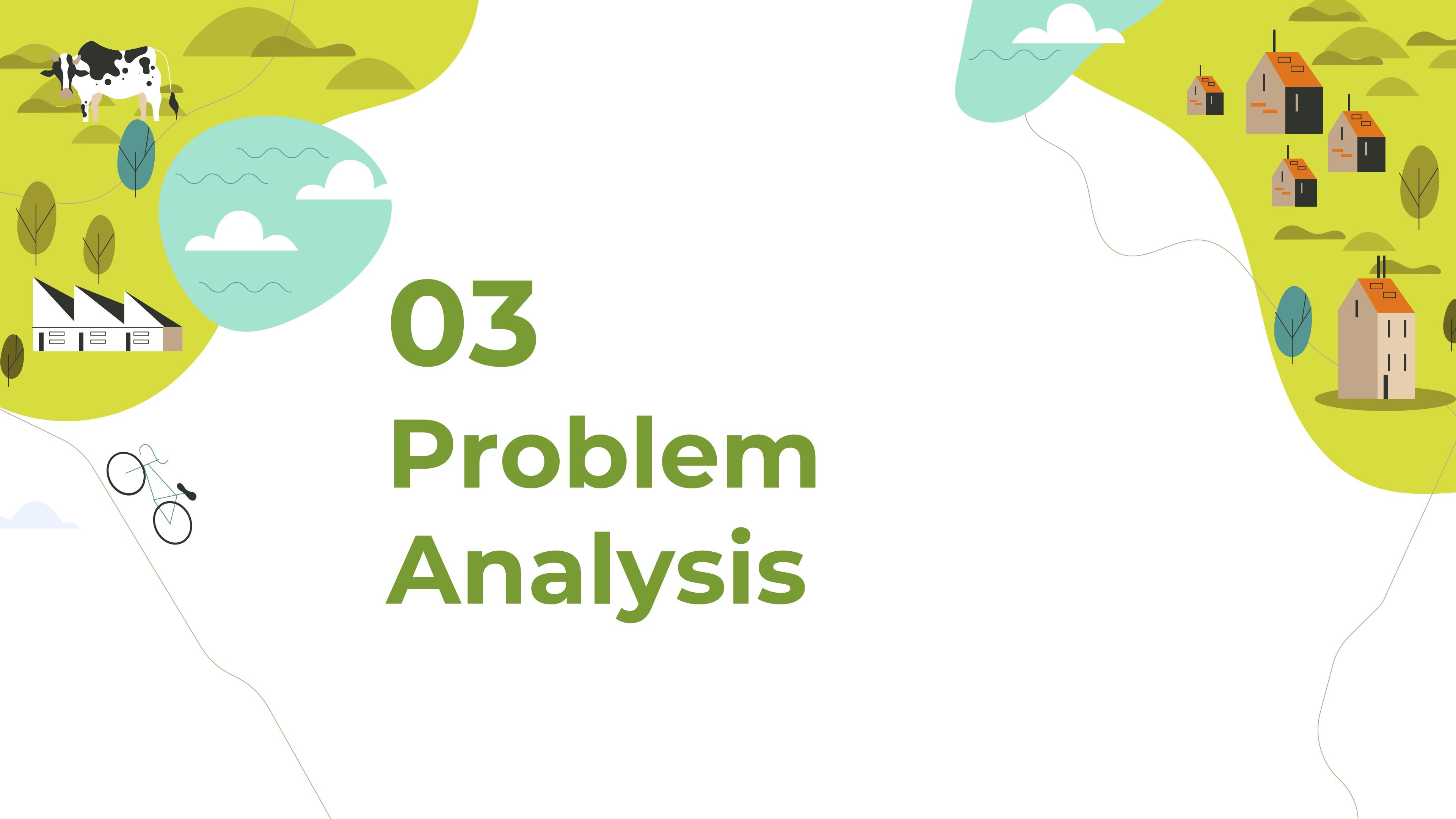
隨著能源消耗的增加，提升能源利用效率變得愈加迫切。農場需要找到可持續的解決方案，以降低運營成本並保障生產的穩定性，這與全球可持續發展目標高度契合。

Advancement in Technology

微電網技術的興起為農業提供了新的機會。這種分散式能源系統能有效整合太陽能等再生能源，實現能源的自給自足。此外，物聯網和AI技術的引入，使得農場能進行精確的能源需求預測和資源的智能管理。

Economic Benefits

農電共生模式不僅提高了能源使用效率，還能為農場創造額外的經濟效益。通過改善資源配置和管理，農場能夠提升經營競爭力，減少對傳統能源的依賴，進而實現穩定的收入來源，推動持續發展。



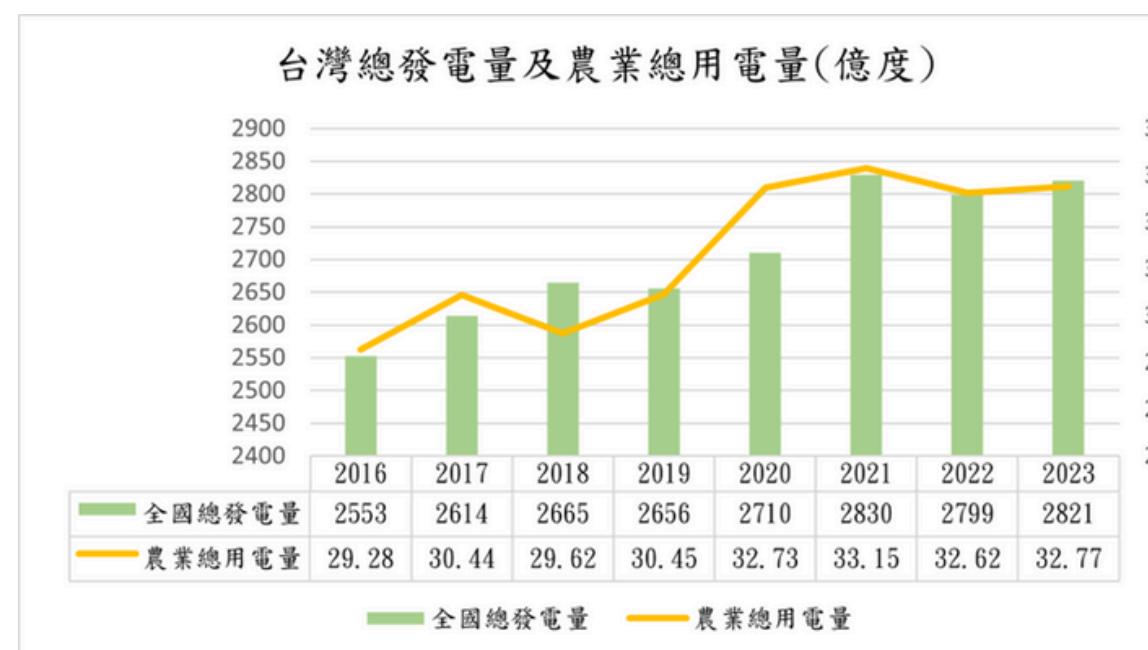
03 Problem Analysis

Problem Analysis - (1/4)

Electricity Dilemma in Leisure Farms

Unstable power sources

- 偏遠地區供電困難
- 與主電網連接成本高
- 突發受災，供電易中斷

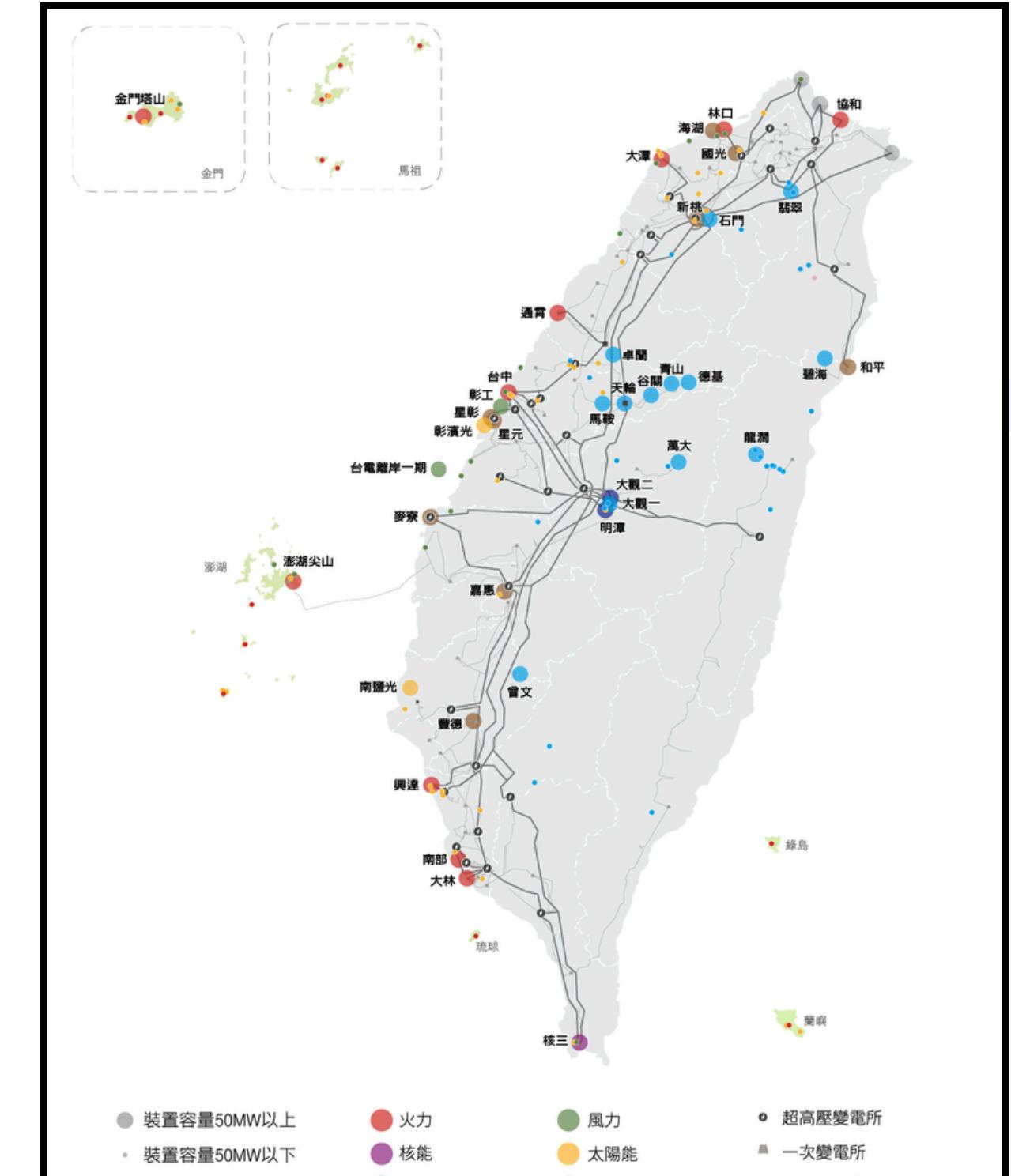


2016-2023年 台灣總發電量及農業總用電量

來源：風險社會與政策研究中心

Rising energy demand

- 精緻農業興起
- 自動化設備導入
- 需電力機械增加



2023年6月 台電系統電廠及電網分布

來源：台灣電力公司

Problem Analysis - (2/4)

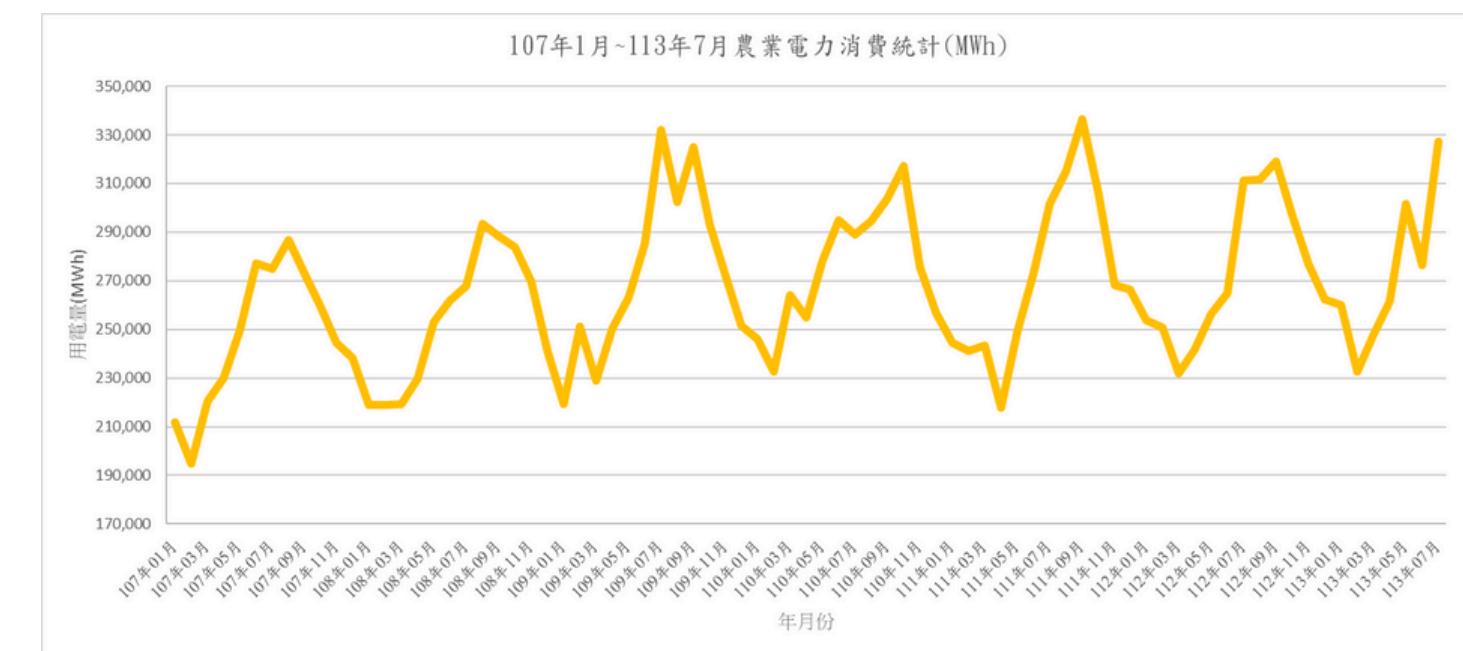
Electricity Dilemma in Leisure Farms

Seasonal fluctuations in electricity demand

- 休閒農場運營隨季節變化
- 旺季遊客眾多，用電量大幅攀升
- 淡季用電量低，造成電力資源閒置

Climate Change Drives Electricity Demand

- 溫室通風系統、冷藏設備等設施運作頻率增加
- 冷氣設備加強運轉



2018年1月至2024年7月農業電力消費統計

來源：經濟部能源署

Problem Analysis - (3/4)

Real-Time Monitoring of Solar Panels

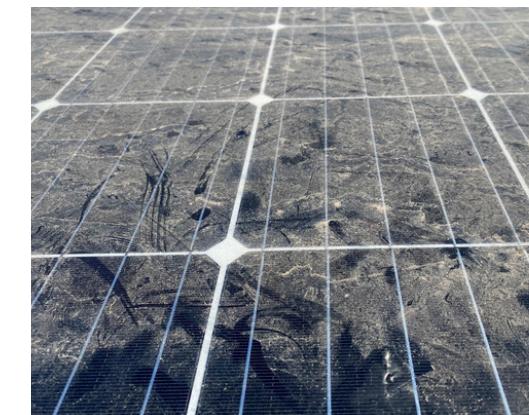
Potential Damage and Environmental Risks of Solar Panels

- 鳥屎
- 面板灰塵堆積
- 電子損傷
- 物理損傷
- 積雪

未及時檢測可能導致有毒物質洩漏，對土壤和作物造成污染



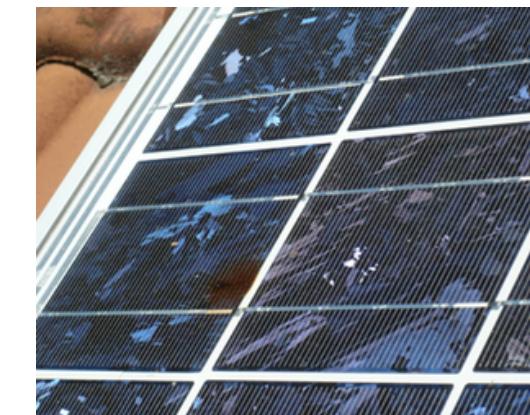
鳥屎
來源:[Kaggle](#)



灰塵
來源:[Kaggle](#)



積雪
來源:[Kaggle](#)



電子損傷
來源:[Kaggle](#)



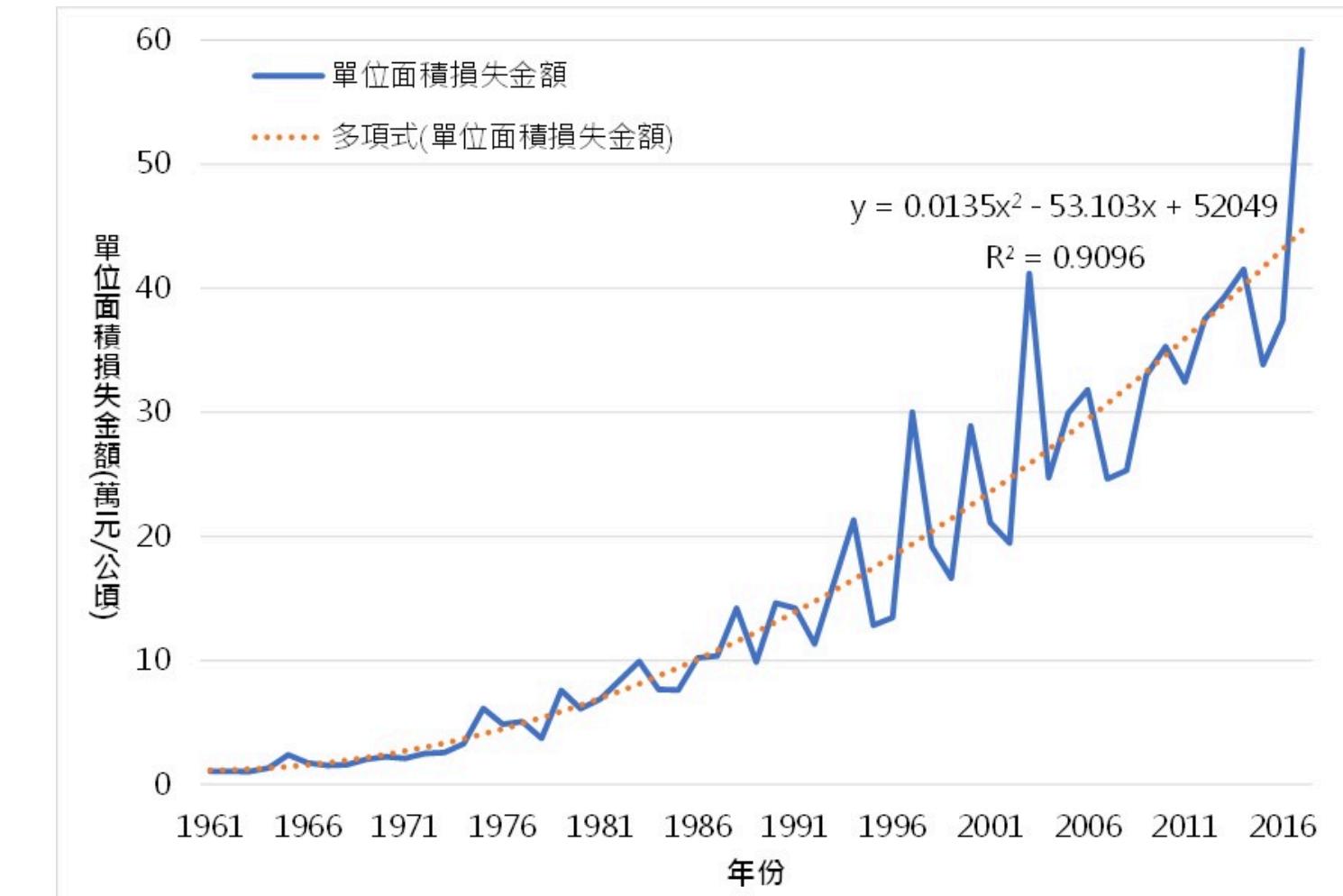
物理損傷
來源:[Kaggle](#)

Problem Analysis - (4/4)

Challenges in Land Management for Leisure Farms

Increased Extreme Weather Events

近年來，極端天氣的加劇為農業帶來了不少衝擊，像是颱風、淹水、暴雨、乾旱等，對農業生產帶來了巨大的風險。農民也更難利用過往的經驗來管理作物，為作物生產帶來了許多風險，導致產量不穩定，甚至造成欠收。



颱風造成之單位面積農業損失統計圖(含趨勢線)

來源：國家災害防救科技中心



04 Solution Design and Concept

Concept - (1/2)

Power Generation Forecasting

我們的發電量預測利用模型來分析歷史資料，以預測未來的發電量。這一方法不僅幫助農場管理者更好地規劃用電需求，確保穩定的能源供應。透過智慧節能數據平台進行資料傳輸和分析，管理者能夠獲取即時預測信息，從而作出更有效的決策，進一步提升能源管理的效率。

Solar Panel Anomaly Detection

系統整合了異常檢測技術，能夠及時偵測太陽能板的異常狀況。借助智慧節能數據平台，這些異常資料可即時上傳，並生成報告，輔助用戶採取迅速的維護措施，確保穩定的發電效率。

Energy Storage Management

智慧節能數據平台提供的資訊幫助我們有效管理儲能系統，依照發電量的預測值來評估電池的充放電狀態，並根據實時需求調整儲能策略，避免資源浪費。

Concept - (2/2)

Microgrid System

我們的微電網設計將太陽能發電系統與儲能裝置結合，形成自給自足的電力系統。平台能實時監測設備耗電情況，依照發電量預測值，動態調度電力資源，確保能源的最佳分配與使用效率，並偵測用電需求的高低。

Automated Control

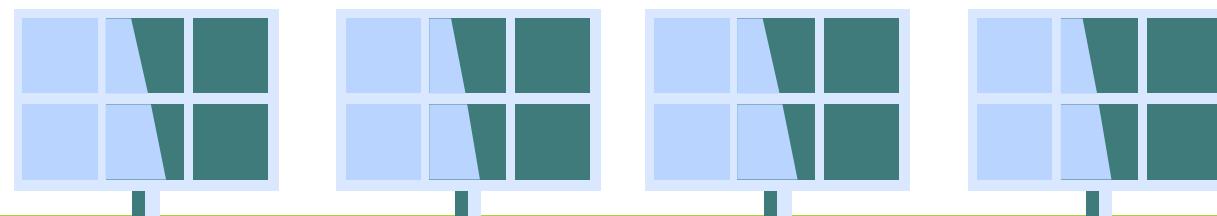
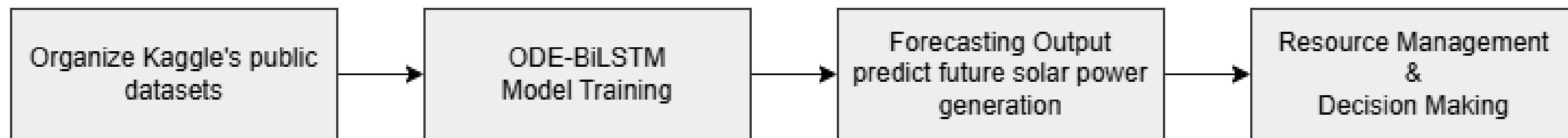
透過微電網的智慧電力調度系統，依據天氣和能源需求動態調整設備運行狀態。平台的即時資料收集功能保障了系統的高效運行，並確保節能的實現。



Solar Power Generation Forecasting

系統概述

- 使用Kaggle的Solar Power Generation資料集當作訓練資料並預測其發電量。

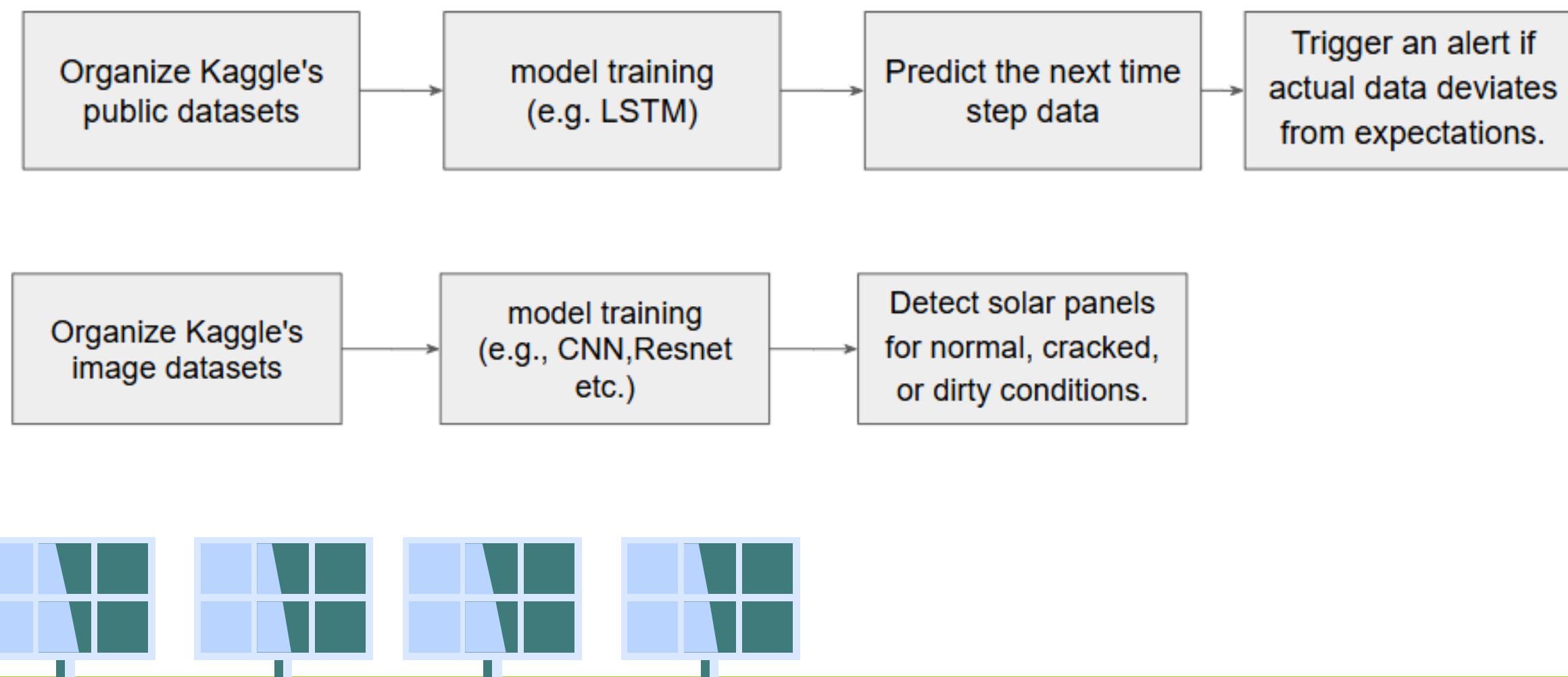


Real-Time Monitoring of Solar Panels



系統概述

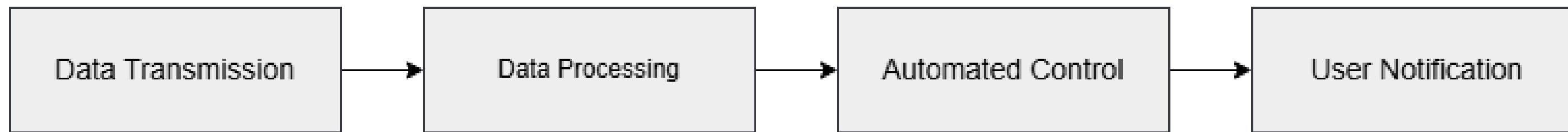
- 資料面: 使用Kaggle的公開資料集當作訓練資料並預測其值跟測量到的真實值是否有異常。
- 影像面: 使用Kaggle的資料當訓練集，訓練多個影像分類模型並將平台收集太陽能板照片當作測試資料。
- 自動化監控與異常檢測，提升能源利用率並降低維護成本



Automated Control

系統概述

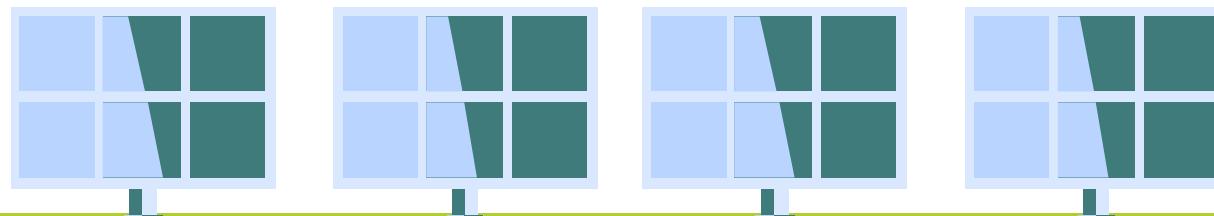
- 基於MQTT協議與LightController技術，實現自動控制開關燈及收集太陽能板資料。系統由太陽能板、儲能電池、太陽能控制器以及ESP8266/ESP32開發板組成。
- 太陽能板通過Victron Energy SmartSolar MPPT控制器收集資料，ESP8266用於與MQTT Broker通信。資料通過MQTT協議定期上傳至平台，並可進行異常檢測與自動化控制。當光敏電阻感測到光照低於設定值時，系統會自動打開燈光，並將該狀態及環境資料上傳至平台，實現用電管理中的智慧化。

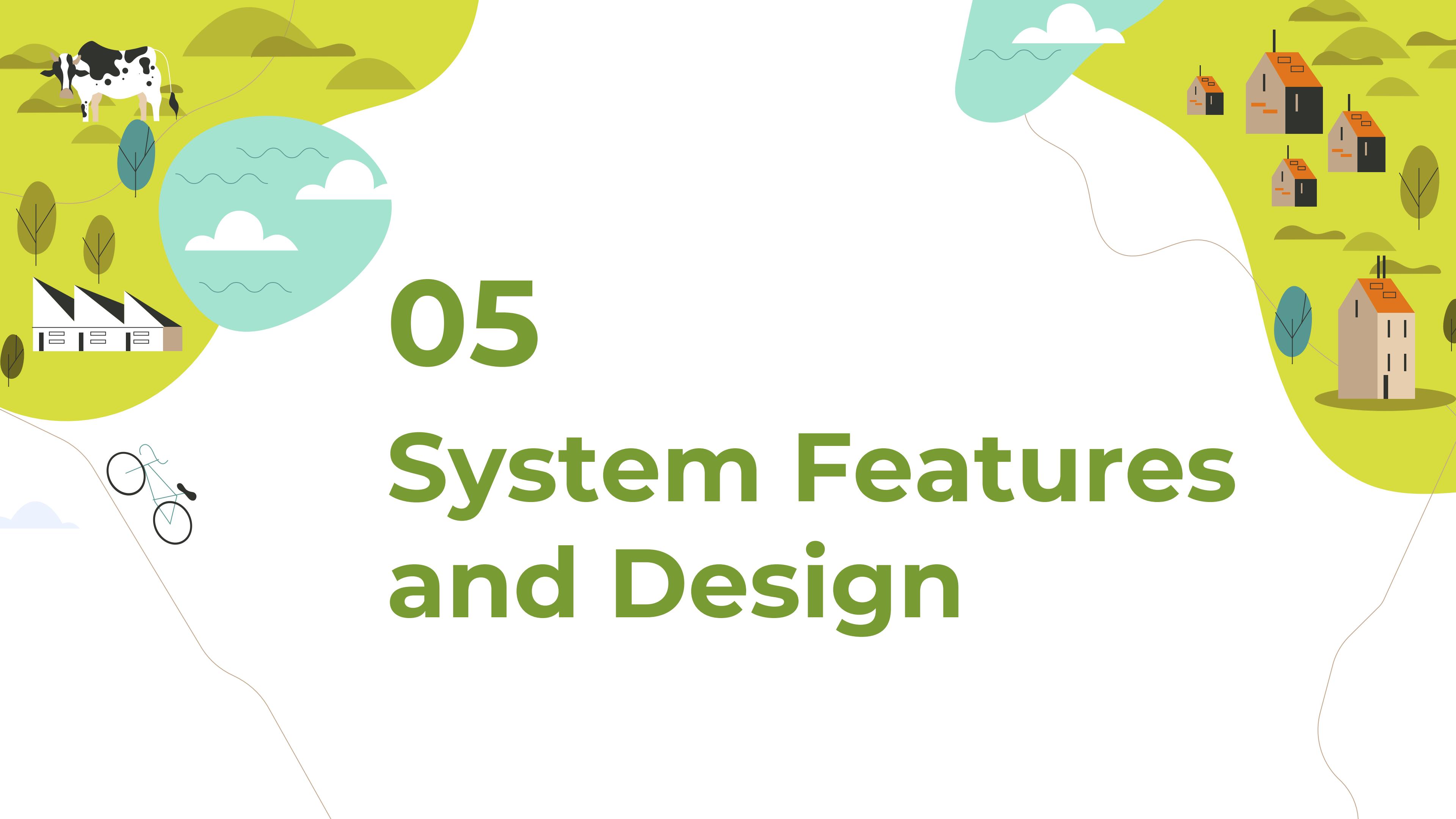


- ESP8266 sends data to MQTT Broker
- Data format : JSON

- Automatically turn lights on/off based on light intensity
- Real-time update of control status

- Send status updates to the user interface
- Provide maintenance recommendations or alerts





05

System Features and Design

智慧節能數據管理與分析平台 資料欄位對應

資料	資料欄位	作用於	用途
太陽能板資料	太陽能板照片	太陽能板異常偵測模型訓練	依照片判斷太陽能板是否有髒汙或毀損
	發電產量 太陽能板電壓 太陽能板功率	發電量預測模型訓練	預測未來能量供應
		微電網智慧電力調度	依發電量預測值評估使用太陽能電力或市電
		太陽能板異常偵測模型訓練	依資料判斷太陽能板異常狀況
儲能設備資料	電池電壓 電池電流	儲能管理系統	依發電量預測值評估電池的充放電狀態
		微電網智慧電力調度	電燈自動開關評判標準
用電需求資料	電耗量	微電網	判斷用電需求的高低

System Structure

服務
對象

休閒農場管理者

應用
層

基於智慧物聯網技術之農電共生微電網監控與管理平台

Flask網頁展示

服務
層

儲能管理模組

太陽能發電功能
儲能管理功能

智慧電力調度功能

太陽能板異常偵測模組

數據收集與監控
天氣狀況判斷
異常偵測
自動化管理與預警

農場遠距監控管理模組

自動開關燈
照明控制

傳輸
層



Wifi

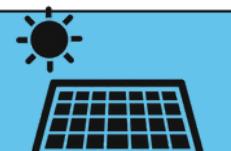


Bluetooth

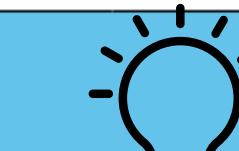


MQTT

感測
層



太陽能板



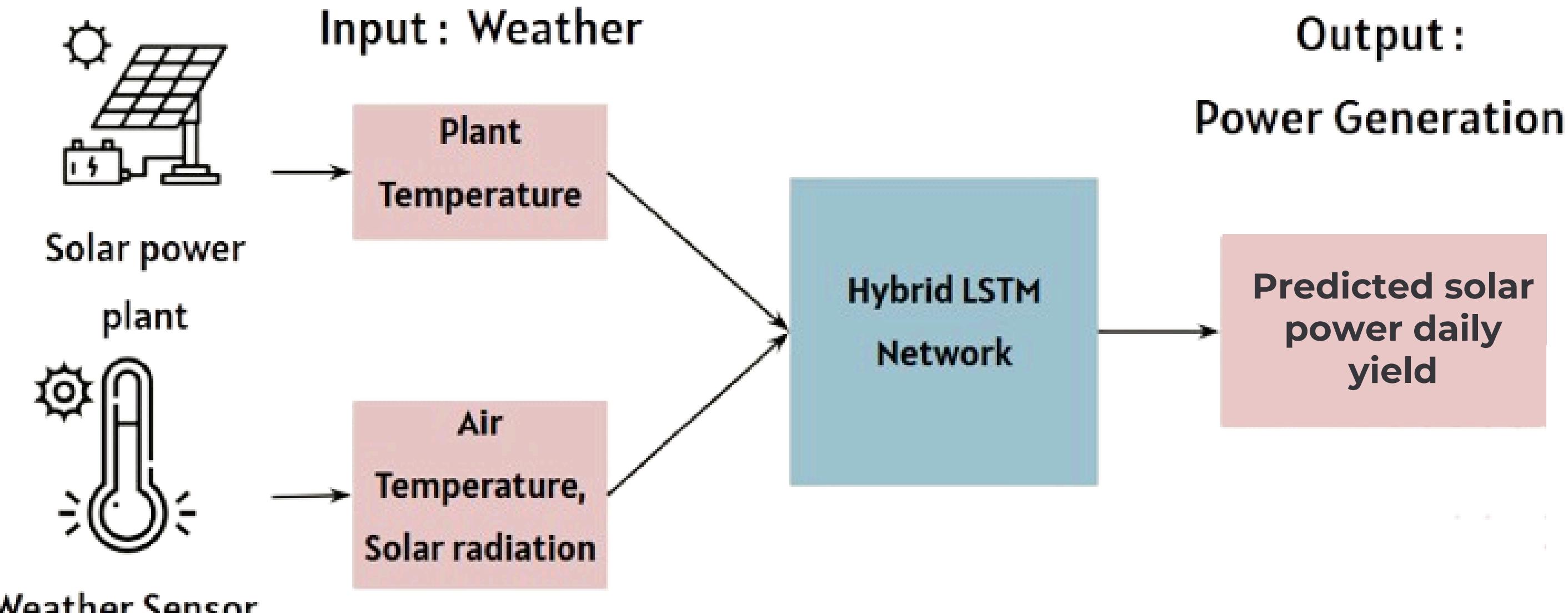
光照感測器



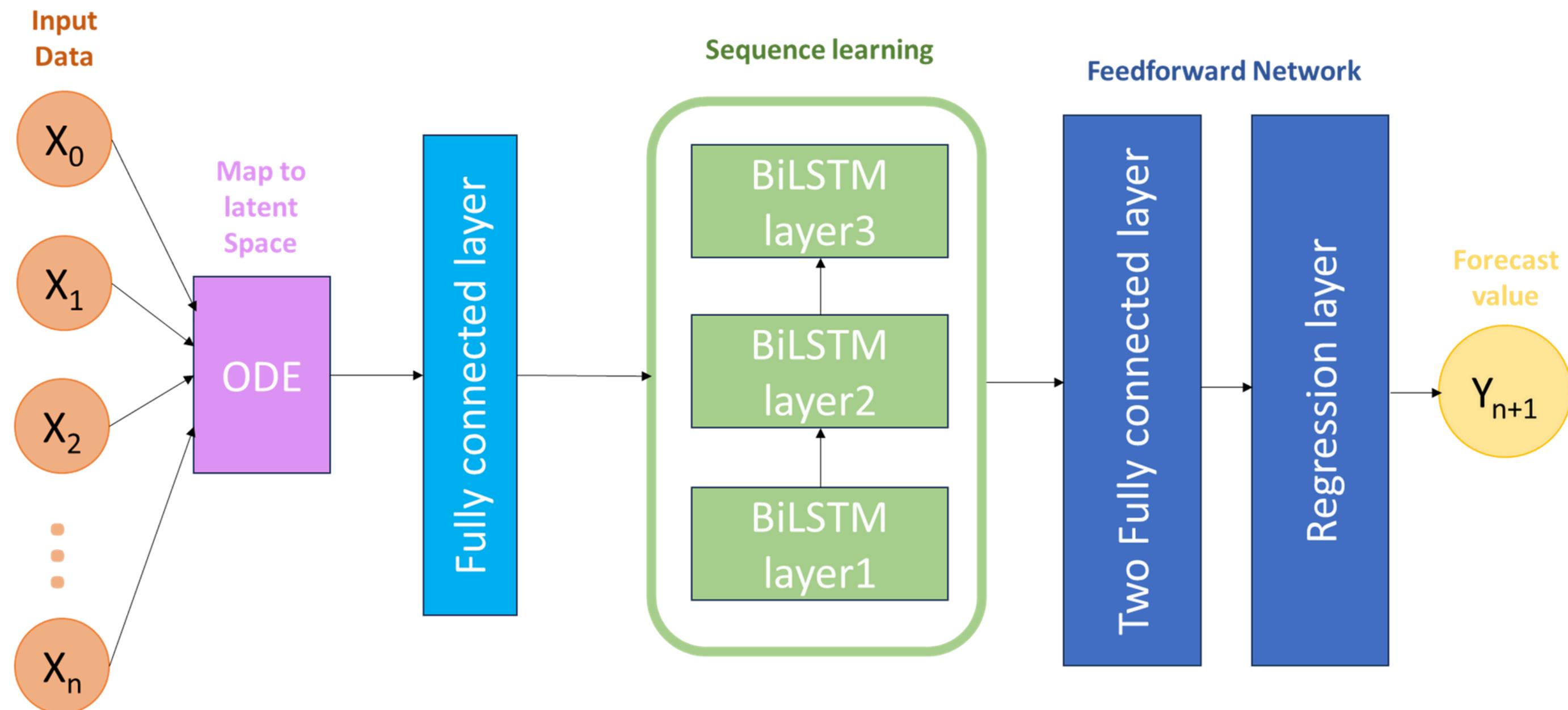
攝像頭



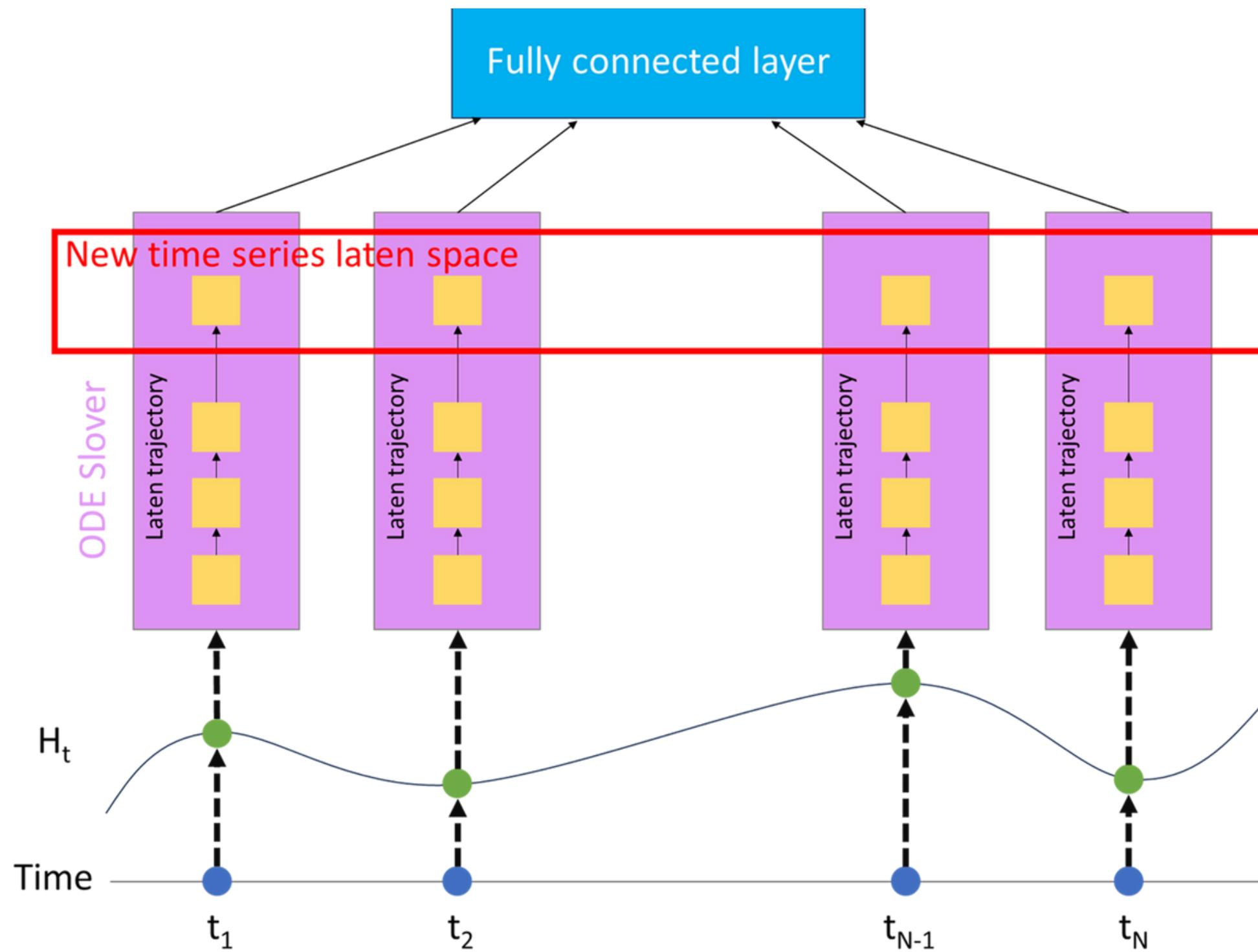
Structure - Solar Power Forecasting



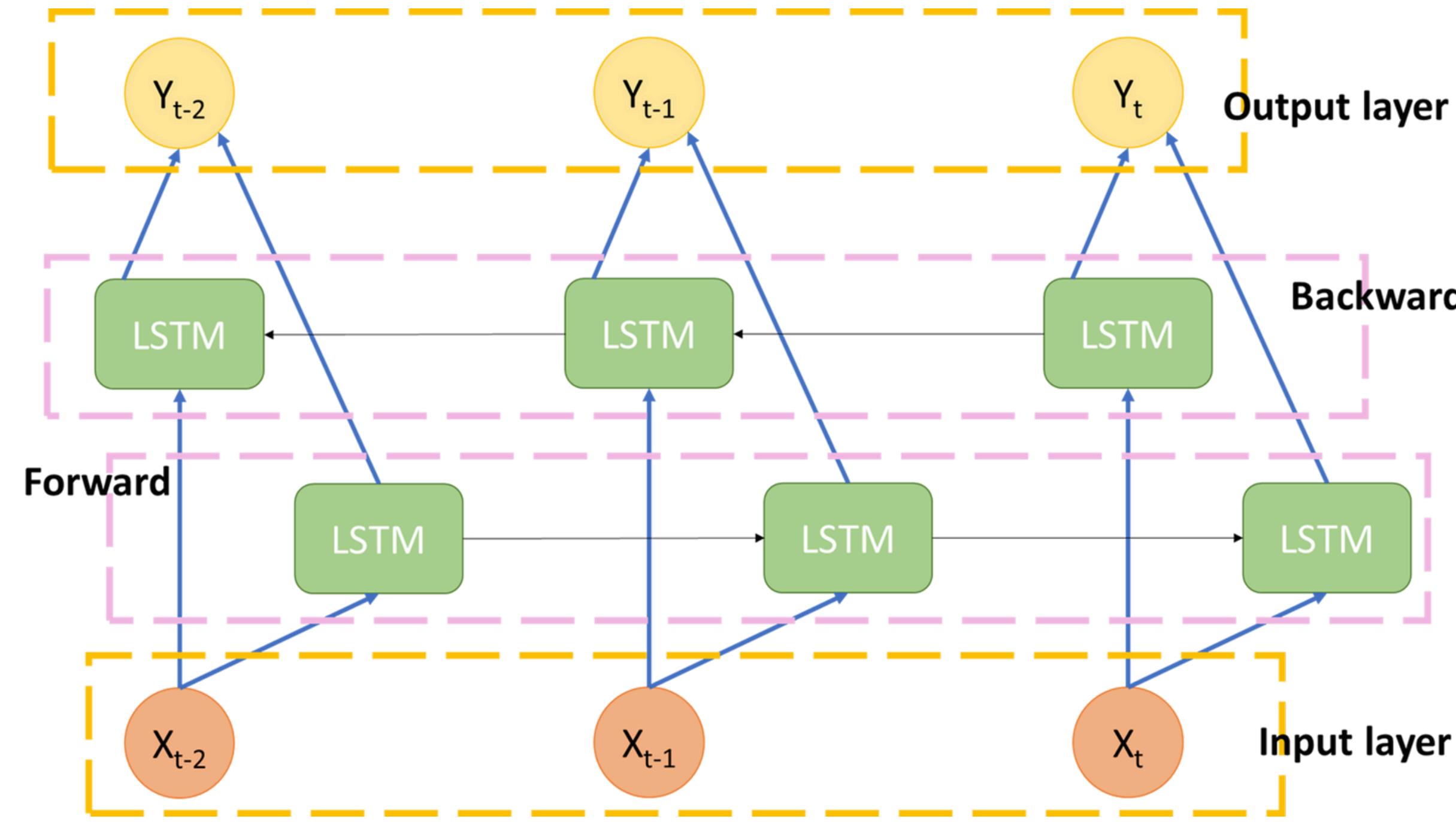
Structure - ODE-BiLSTM Model - (1/3)



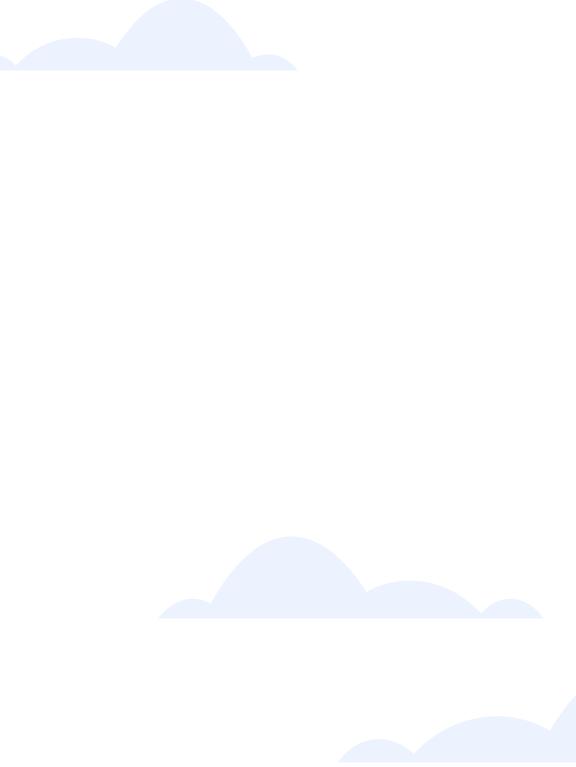
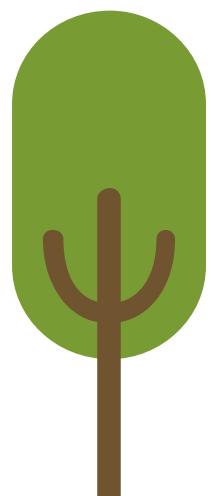
Structure - ODE-BiLSTM Model - (2/3)



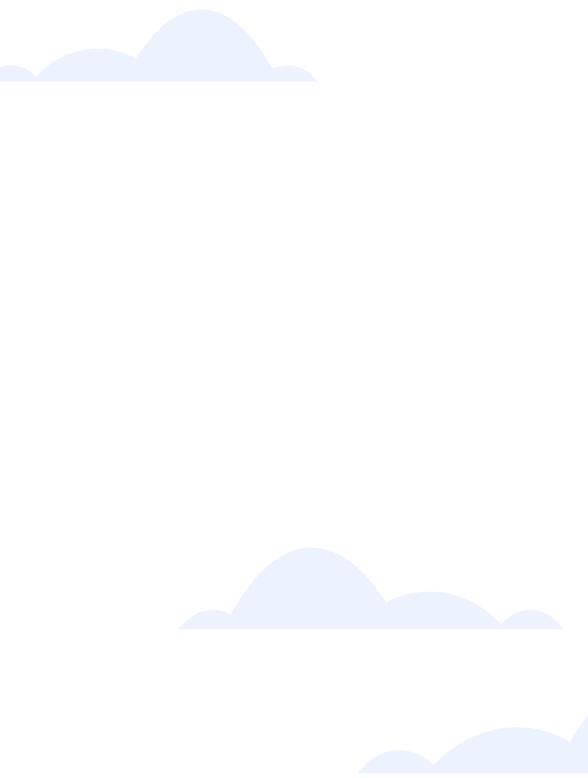
Structure - ODE-BiLSTM Model - (3/3)



異常偵測模型架構圖



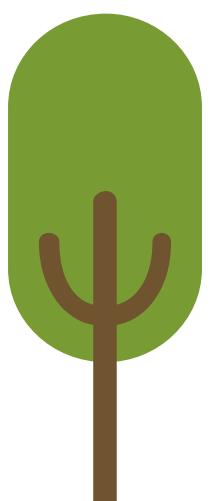
硬體模組架構圖/硬體完成照



放個網頁的展示圖展示發電量預測和異常值 測



放個展示圖有成功收到資料lightcontroller
和其他的

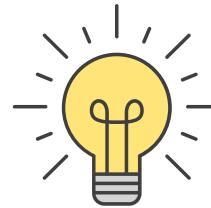


Innovation

**Integration of Microgrids
and Agricultural
Symbiosis**



**Smart Energy
Management in
Agriculture**



**Smart Management
with IoT Platforms**

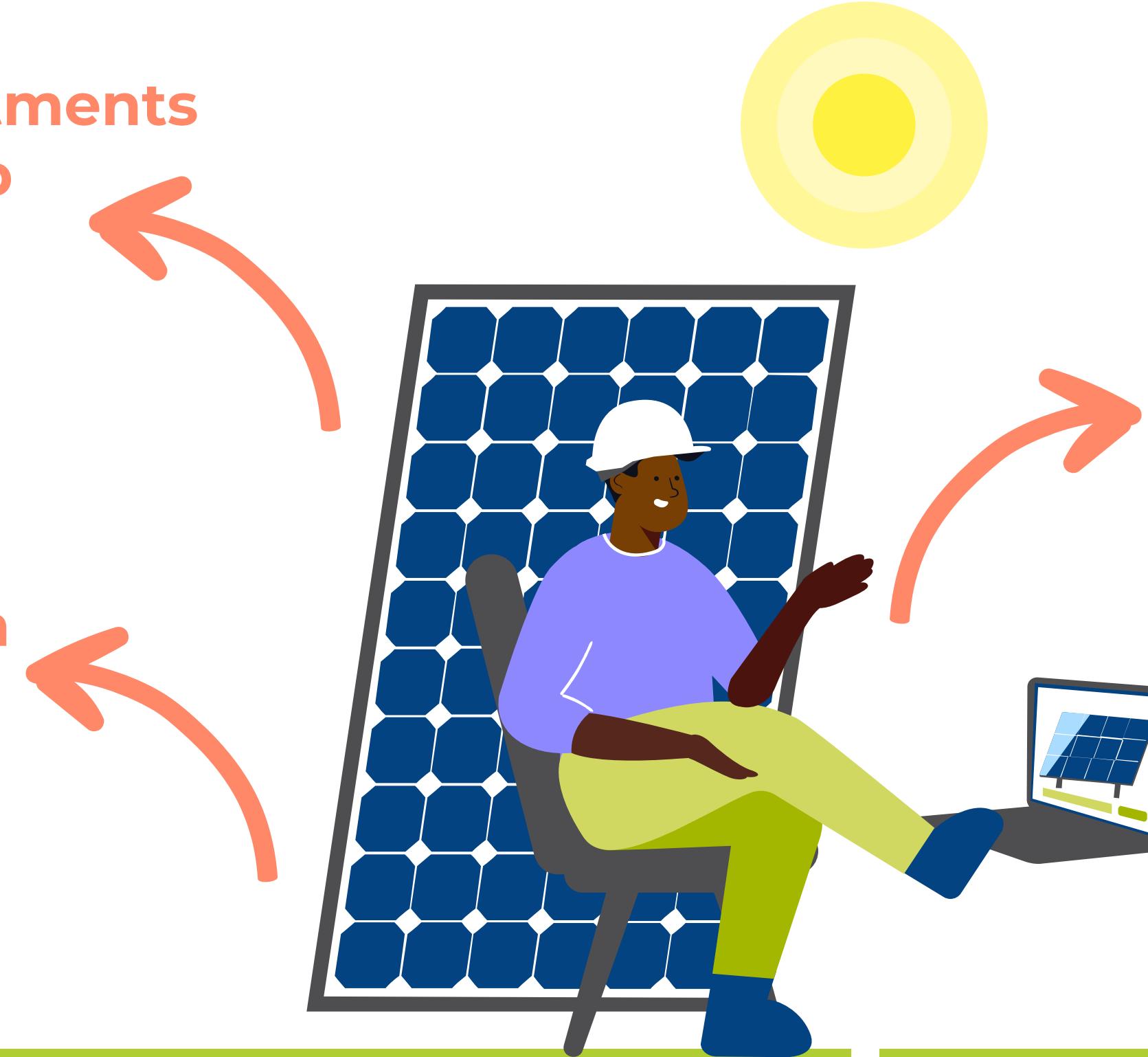


Feasibility

**Dynamic Adjustments
to Improve Crop
Quality**

**Cost-effective
Implementation
Solutions**

**Real-time Monitoring
to Enhance
Operational Efficiency**



Business Opportunity

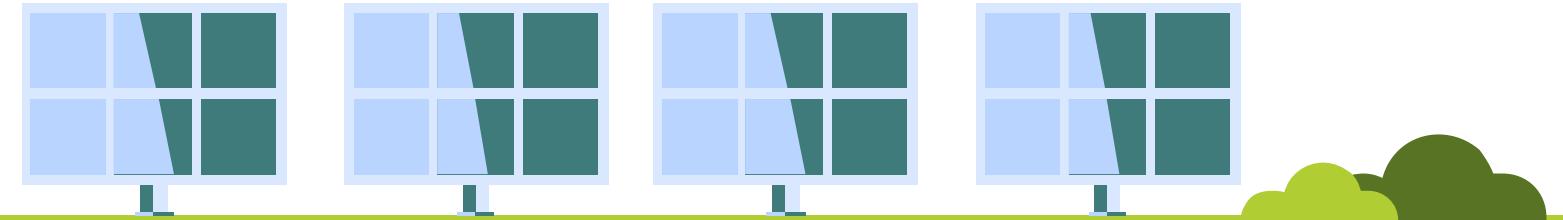
**Added Value and
Brand Premium**



**Market Expansion
and Technical
Collaboration**



**Tourism Revenue
and Experience
Activities**





06

Final Thoughts and Next Steps

Experience with the Platform

在這次競賽平台的使用過程中，我們作為一個團隊，獲得了許多寶貴的經驗與洞見。這不僅是一場技術挑戰，更是一個深入學習和團隊合作的絕佳機會。我們的團隊充分利用了智慧節能數據管理與分析平台，這不僅增強了我們的作品執行力，也提升了整體效率。

1. 平台的直觀性與友好界面

智慧節能數據管理與分析平台的界面設計非常直觀。無論是在資料輸入、監控還是報告生成方面，都能以簡單易懂的方式進行操作。對於初次接觸此平台的成員來說，能夠快速上手，這大大提高了整體工作效率。

2. 實時資料監控

平台所提供的即時資料監控功能對我們的作品至關重要。透過這一功能，我們能隨時獲取太陽能板的運行狀況，包括發電效率和板面缺陷等關鍵資訊。這不僅幫助我們及時發現問題，還能進行趨勢分析，有效預測可能的故障和維護需求，從而減少可能的損失。

3. 資料分析支持決策

在討論最佳的資源分配策略時，平台提供的資料成為我們討論的重要依據。其資料視覺化展示讓團隊成員能在短時間內建立對資料的理解，進而迅速作出明智的決策。這種有效的資料交流極大增強了團隊的協作效率。

隨著比賽的推進，我們不僅學到了技術知識，還提高了作品管理的能力。各成員間的專業知識和經驗交流，無形中拓展了彼此的視野，讓我們在技術與管理上雙雙受益。

總之，智慧節能資料管理與分析平台不僅提升了我們的工作效率，也加強了團隊合作精神和能力。在未來的作品中我們期待能夠將在平台上獲得的經驗進一步運用，為農電共生與智慧節能貢獻更多的力量。

References - (1/2)

- [1] Kaggle Dataset :<https://www.kaggle.com/datasets/anikannal/solar-power-generation-data>
- [2] Peng, H., Yang, W., Wang, Z., & Chen, R. (2024). Attention mechanism and neural ordinary differential equations for the incomplete trajectory information prediction of unmanned aerial vehicles using airborne radar. *Electronics*, 13(15), 2938.
- [3] M. L. Garsdal, V. Søgaard, and S. M. Sørensen, "Generative time series models using Neural ODE in Variational Autoencoders," arXiv preprint arXiv:2201.04630, Jan. 2022.
- [4] S. Huang, J. Shen, Q. Lv, ..., and B. Yong, "A Novel NODE Approach Combined with LSTM for Short-Term Electricity Load Forecasting," *Future Internet*, vol. 15, pp. 22, Dec. 2023.

References - (2/2)

放上anomaly detection的
reference



Thanks!

