

# 115 年度氣候變遷創意實作競賽

## 決賽作品說明書

隊伍編號+名稱	
作品中文名稱	企業自然資本空間智慧決策系統
作品英文名稱	Natural Capital Spatial Intelligence

參賽學校：國立臺灣大學

指導老師：林裕彬

團隊成員：陳睿期、黃昱婷、劉芷婷

# 摘要

旨企業自然資本空間智慧決策系統利用高解析度空間圖資進行地理資訊系統疊圖分析，針對企業選址開發的土地利用變化，進行自然資本衝擊與氣候實體風險的雙重重大性量化評估，並將評估結果以互動式儀表板視覺化呈現。

關鍵字：

自然資本、雙重重大性、空間智慧、自然相關財務揭露、自然正效益

# **Abstract**

This "Natural Capital Spatial Intelligence (NCSI)" utilizes high-resolution spatial datasets and Geographic Information System (GIS) overlay analysis to quantify the double materiality of natural capital impacts and climate-related physical risks associated with land-use changes driven by corporate site development. The assessment results are further visualized through an interactive dashboard interface.

Keywords:

Natural Capital ∙ Double Materiality ∙ Spatial Intelligence ∙ Taskforce on Nature-related Financial Disclosures (TNFD) ∙ Nature Positive

# 目錄

摘要.....	i
Abstract.....	ii
目錄.....	iii
圖目錄.....	v
表目錄.....	vi
壹、設計構想及運作說明.....	1
一、前言.....	1
二、功能展示.....	2
(一) 互動式儀錶板.....	2
(二) NCIS-CRS 雙重重大性矩陣.....	3
(三) 增益潛力選址與自然資本中和運算.....	5
三、運作說明.....	7
(一) 資料輸入層.....	7
(二) 核心運算層.....	9
(三) 決策輸出層.....	10
貳、作品材料說明.....	11
一、資料輸入層.....	11
(一) 企業資訊與圖資範圍界定.....	11
(二) 氣候實體風險圖資.....	11
(三) 自然資本圖資.....	11
(四) ENCORE 生態系服務依賴程度權重.....	12
二、核心運算層.....	13
(一) ENCORE 生態系服務依賴程度權重轉換模組與疊圖.....	13
(二) 核心分數計算與風險象限分類.....	13
1. 自然資本衝擊分數 (Natural Capital Impact Score, NCIS).....	13
2. 氣候實體風險分數 (Climate Risk Score, CRS).....	13
3. 雙重重大性分數 (Double Materiality Score, DMS).....	14
4. 經濟產能指標 (Economic Capacity Score, ECS).....	14
(三) 生態系服務貨幣化.....	14
(四) 增益選址與自然資本中和計算.....	15
參、創意特點與創意說明.....	18
肆、作品應用範圍及發展潛能.....	20
一、商業模式九宮格.....	20
二、SWOT 分析.....	22
三、波特五力分析.....	23

伍、	工作分配.....	23
陸、	引用文獻.....	24

# 圖目錄

圖 1、互動式儀錶板操作介面.....	2
圖 2、互動式儀錶板介面功能.....	2
圖 3、互動式儀錶板界面指標說明 .....	3
圖 4、NCIS-CRS 雙重重大性矩陣示意圖.....	4
圖 5、增益潛力選址與自然資本中和運算儀表板示例 .....	5
圖 6、自然資本中和運算儀表板示意圖 .....	6
圖 7、系統架構圖.....	7
圖 8、商業模式九宮格.....	20
圖 9、企業自然資本空間智慧決策系統之 SWOT 分析 .....	22

## 表目錄

表 1、NCIS-CRS 雙重重大性矩陣象限判定條件.....	4
表 2、範例個案的十五項分析圖資 .....	8
表 3、企業自然資本空間智慧決策系統 (NCSI) 核心模組運算公式彙整 .....	9
表 4、ENCORE 產業對生態系服務項目的依賴程度轉換係數表 .....	12
表 5、生態系服務之貨幣價值評估指標貨幣價值 .....	15
表 6、工作分配表.....	23

## 壹、設計構想及運作說明

### 一、前言

自然資本被定義為自然系統中能夠持續產生對人類社會與經濟活動具有價值之存量 (Natural Capital Coalition, 2016；OECD, 2011)，包括土地、水資源、生物多樣性與其所支撐的生態系結構，並透過生態系服務 (Ecosystem Service) 轉化為實際可被人類與產業部門使用的功能 (World Bank, 2021)。對企業而言，自然資本與原物料供應、營運穩定性與長期經濟產出息息相關，其退化或喪失將直接轉化為成本上升、供應鏈中斷或營運風險。無論是自然相關財務揭露工作小組 (The Taskforce on Nature-related Financial Disclosures, TNFD) 所提出的自然相關風險評估流程 (Locate–Evaluate–Assess–Prepare, LEAP) 架構，或是聯合國 (United Nations) 推動的環境經濟帳體系—生態系統帳 (System of Environmental-Economic Accounting – Ecosystem Accounting, SEEA-EA)，皆強調企業必須對自然系統的依賴與衝擊進行風險評估與揭露。

在此脈絡下，雙重重大性 (Double Materiality) 分析成為企業辨識自然相關風險之關鍵工具。雙重重大性強調企業需同時評估兩個相互連動的面向：其一為企業活動對自然環境所造成之影響 (Impact Materiality)，其二為自然系統變動對企業財務表現與營運穩定性所帶來之風險與機會 (Financial Materiality)。前者關注企業如何透過土地利用變遷、資源開採與污染排放改變生態系功能；後者則關注氣候變遷、生態退化與資源稀缺如何反過來影響企業之成本結構、資產價值與供應鏈韌性。兩者彼此牽連，自然資本的風險亦會影響企業的財務風險，之於企業的永續經營至關重要。

除此之外，基於《昆明-蒙特婁全球生物多樣性框架》(The Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework, GBF)，企業也將面臨越趨嚴格與自然資本中和 (Natural Capital Neutrality) 規範，例如英國《環境法》(Environment Act 2021) 已強制要求土地開發案必須達成 10% 的生物多樣性淨增益 (Biodiversity Net Gain, BNG)，以及歐盟《企業永續回報指令》(Corporate Sustainability Reporting Directive, CSRD) 要求大型企業必須揭露其對生態系統的衝擊與依賴 (ESRS E4 準則)，意味著企業必須量化環境衝擊以符合法定財務審計的要求。

TNFD 指出自然相關風險與時間及空間特定性高度相關，企業須以空間尺度掌握實體資產與供應鏈活動所在位置的土地利用類型與自然資本狀態。然而，現行的雙重重大性分析方法，採取利害關係人主觀評分之問卷調查為主，缺乏空間化與量化的分析基礎，難以反映不同地點自然資本之差異性與資產層級之實際風險分布。此一限制使雙重重大性分析多停留於議題排序層級，而未能有效支援企業在選址決策、資產配置與風險控管上的實質應用。

為解決此問題，本團隊提出「企業自然資本空間智慧決策系統 (Natural Capital Spatial Intelligence, NCSI)」，利用高解析度空間圖資進行地理資訊系統 (Geographic Information System, GIS) 疊圖分析，針對企業選址開發的土地利用變化，進行自然資本衝擊與氣候實體風險的雙重重大性量化評估，並將評估結果

以「互動式儀錶板」與「NCIS-CRS 雙重重大性矩陣」視覺化呈現。

此外，NCSI 提供「增益潛力選址與自然資本中和運算」的服務，利用空間演算法，找出廠址周邊之高生態價值熱點，根據該地點的生態品質精算出最佳的復育區空間分布，並量化計算達成自然資本中和所需的保育面積規模，協助企業以量化數據論證其生態復育行動具體產生的自然正效益 (Nature Positive)，透過科學化的路徑論證其復育行動是達成自然資本中和，使企業永續轉型的論述更具備公信力，接軌國際綠色轉型要求。

## 二、功能展示

### (一) 互動式儀錶板

展示連結：<https://ncsipublic-pf8jb7qxd4aq5kkebsjwdi.streamlit.app/>

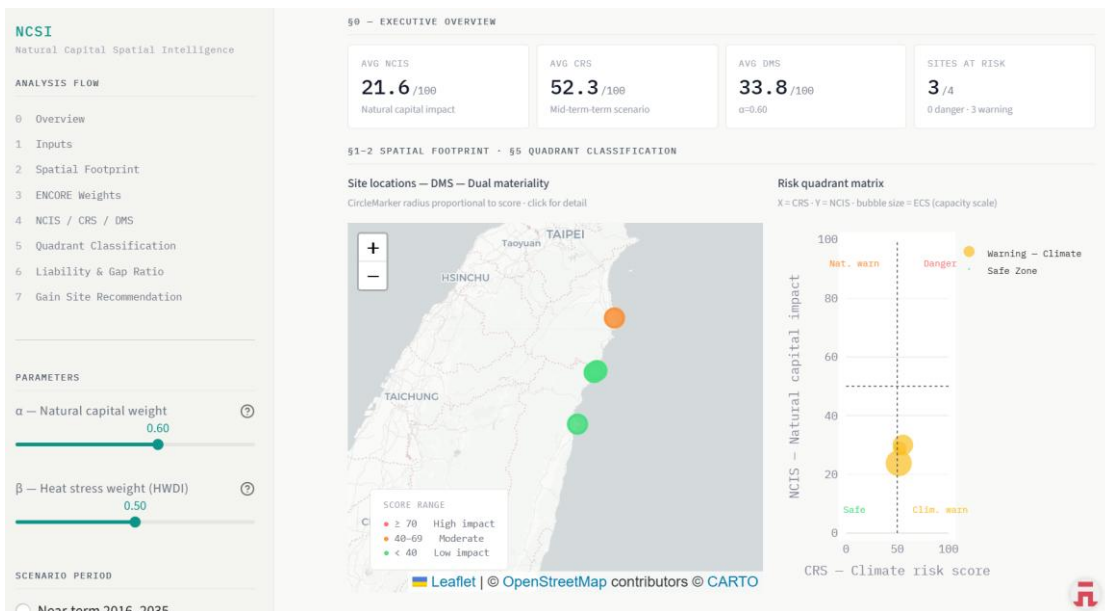


圖 1、互動式儀錶板操作介面

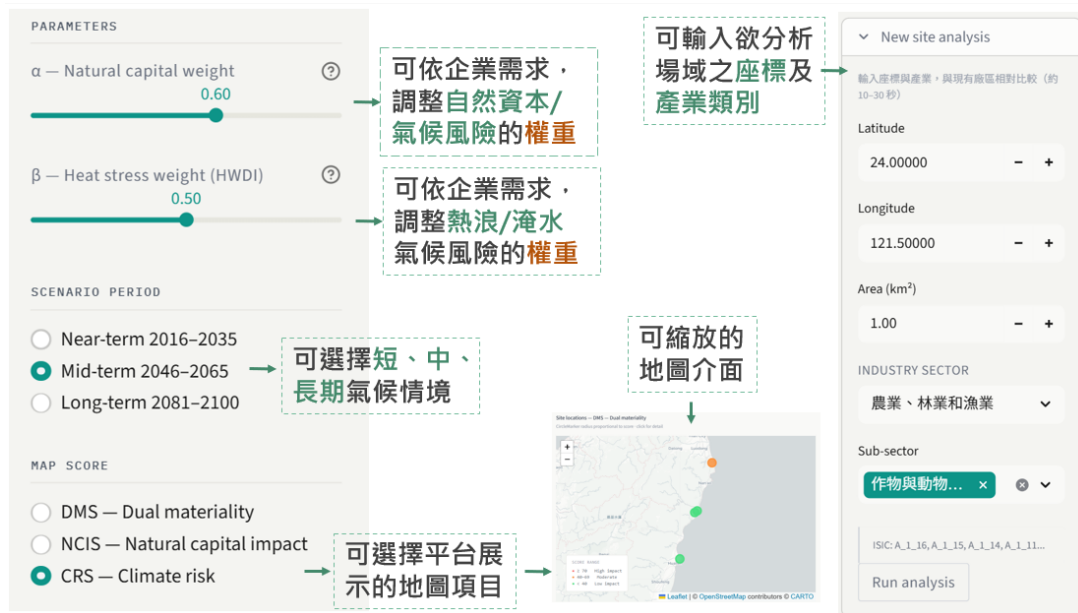


圖 2、互動式儀錶板介面功能



圖 3、互動式儀錶板界面指標說明

互動式儀錶板是為便於使用者操作「企業自然資本空間智慧決策系統」而設計的操作介面，使用者可依需求客製化輸入基本資訊，並透過後端演算法快速取得評估報告的平台。

在功能上，儀錶板由三大核心模組構成：首先是「時空圖層視覺化介面」，其次為「NCIS-CRS 雙重重大性矩陣」，將標準化後之自然資本衝擊分數 (Natural Capital Impact Score, NCIS) 與氣候實體風險分數 (Climate Risk Score, CRS) 投射於矩陣中呈現，協助企業跨資產的雙重重大性比較，相關計算如表 3 所示；最後則是「增益潛力選址與中和缺口計算」，呼應自然資本中和的國際訴求。此模組內嵌了空間演算法，允許用戶互動式調整保育區面積，即時量化並運算相應的保育效益。透過科學化的視覺化路徑，強化了企業在複雜氣候情境下進行永續轉型決策之實證基礎。

## (二) NCIS-CRS 雙重重大性矩陣

NCIS-CRS 雙重重大性矩陣可協助企業識別多個選址開發案或現有廠址的雙重重大性，在考量每個廠址的「產能規模」同時，也衡量該廠址的「自然資本的衝擊」與「氣候實體風險」，以散布圖直觀地呈現多個廠址方案的雙重重大性。

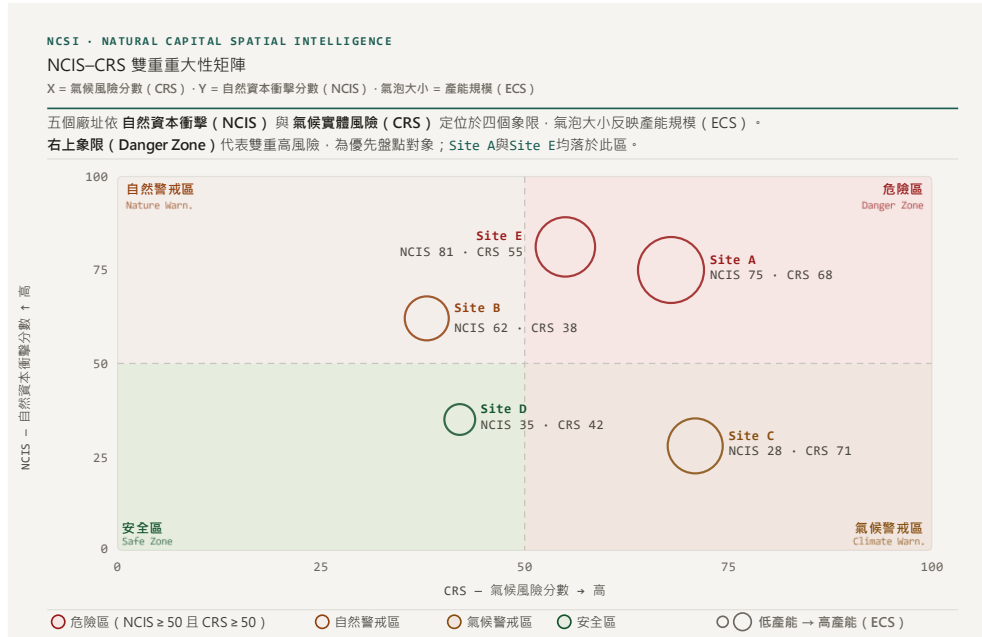


圖 4、NCIS-CRS 雙重重大性矩陣示意圖

NCIS-CRS 雙重重大性矩陣的橫軸為 CRS，經標準化值域為 0 至 100 之間，代表環境因子對企業資產所造成之潛在財務風險；縱軸則為 NCIS，經標準化值域為 0 至 100 之間，用以評估企業開發行為對生態系服務之負面影響；並以氣泡大小呈現經濟產能指標 (Economic Capacity Score, ECS)，該指標是由企業提供之產值或產能資料轉換而成。該矩陣依據 NCIS 與 CRS 兩個指標分數可劃分為四個象限，協助決策者更為直觀的詮釋結果：

表 1、NCIS-CRS 雙重重大性矩陣象限判定條件

象限	判定條件	自然資本衝擊	氣候實體風險
● 危險區 (Danger Zone)	NCIS ≥ 50 且 CRS ≥ 50	高	高
● 自然警戒區 (Warning Nature)	NCIS ≥ 50 且 CRS < 50	高	低
● 氣候警戒區 (Warning Climate)	NCIS < 50 且 CRS ≥ 50	低	高
● 安全區 (Safe Zone)	NCIS < 50 且 CRS < 50	低	低

1. 危險區 (Danger Zone)：此類資產同時承受高度氣候實體風險暴露，且對自然資本造成顯著衝擊，屬於雙重重大性下之高風險核心區域。其不僅面臨極端氣候事件所導致之營運中斷與財務損失風險，亦因生態系服務退化而承擔潛在之法規、聲譽與轉型壓力。此類資產應列為企業優先管理對象，建議評估撤資、轉型或重大調整策略。
2. 警示區 (Warning Zone)：此類資產對自然資本之影響相對有限，惟其高度暴露於氣候實體風險之中，顯示其營運穩定性易受極端氣候事件影響。此區域

- 之主要風險來源為外生環境壓力，而非企業自身之環境衝擊。建議優先強化氣候調適措施，例如提升基礎設施韌性、優化防災設計及分散氣候實體風險。
3. 自然警示區 (Nature Warning Zone)：此類資產雖面臨較低之氣候實體風險，然其營運活動對生態系服務造成顯著影響，反映出企業在自然資本面向之負面外部性。此類風險主要來自企業對環境之壓力，可能導致長期之監管風險與社會責任壓力。建議優先導入自然資本管理策略，如棲地補償、生態修復或自然基礎解方 (Nature-based Solutions)，以降低對環境之衝擊。
  4. 安全區 (Safe Zone)：同時具備低氣候實體風險暴露與低自然資本衝擊，代表其在雙重重大性評估下處於相對穩定狀態。此區域資產對環境之依賴與影響均較低，營運風險相對可控。建議維持現行管理策略並持續監測其環境表現，亦可作為未來永續營運之參考基準。

### (三) 增益潛力選址與自然資本中和運算

「增益潛力選址與自然資本中和運算」功能的設計理念呼應 TNFD 揭露框架與自然資本中和訴求，將自然資本的評估指標分數應用於生態保育的決策上，透過空間演算法與標準化計量模型，協助企業以科學路徑量化土地開發的生態負債並接軌生物多樣性淨增益的訴求，提供廠址緩衝範圍內最佳的保育區範圍方案，在模組功能上，可進一步細分為「增益潛力選址」以及「自然資本中和運算」。



圖 5、增益潛力選址與自然資本中和運算儀表板示例

#### 1. 增益潛力選址

模組在 300 公尺高空間解析度的圖資上套疊臺灣生物多樣性與物種分布圖資，針對廠址周邊區域進行「生態增益品質分數」(Gain Quality Index, GQI) 的運算 (表 3)。該算法不僅考量單點的生物多樣性熱點，更結合了 Mandle et al.

(2024) 的生態系服務模型，在既有廠區已造成自然資本損失的前提下，透過空間連續性分析識別出具備棲地連結性 (Connectivity) 的潛在復育區域，提供三個具代表性的保育區建議，細節項目包含空間範圍、面積、主要生態特徵以及對應之建議行動 (如濕地復育、棲地保護或集水區植樹等)，提供企業執行自然資本增益行動時的決策依據。



圖 6、自然資本中和運算儀表板示意圖

## 2. 自然資本中和運算

在保育區選定區域的基礎上，系統進一步建立自然資本負債與增益的量化評估。首先，透過 NCIS 與廠區面積計算自然資本負債指標 (Liability Index)，以反映企業對自然資本之實際佔用程度。其次，根據選址結果計算增益品質指標 (gain quality index)，該指標為前三個候選區域之增益分數與面積之加權平均，用以衡量周邊保育行動之整體有效性。相關計算如表 3 所示。

透過上述兩者之整合，系統可進一步計算自然資本中和程度 (Neutralization Ratio)：

$$\text{neutralization ratio} = \frac{\text{gain\_offset}}{\text{liability\_index}}$$

- gain\_offset：自然資本增益量
- liability\_index：自然資本負債量

此指標可即時反映企業在不同保育投入規模下，能抵銷多少比例之自然資本損失，並透過互動式介面模擬不同保育面積情境，提供決策者量化的策略依據。同時，系統亦可反推達成完全中和所需之保育面積，使自然資本補償行動具備明確之目標尺度。

### 三、運作說明

本團隊提出之「企業自然資本空間智慧決策系統」是以空間資料整合與量化分析為核心之決策支援系統，其運作流程可分為三個主要階段：資料輸入層、核心運算層與決策輸出層。

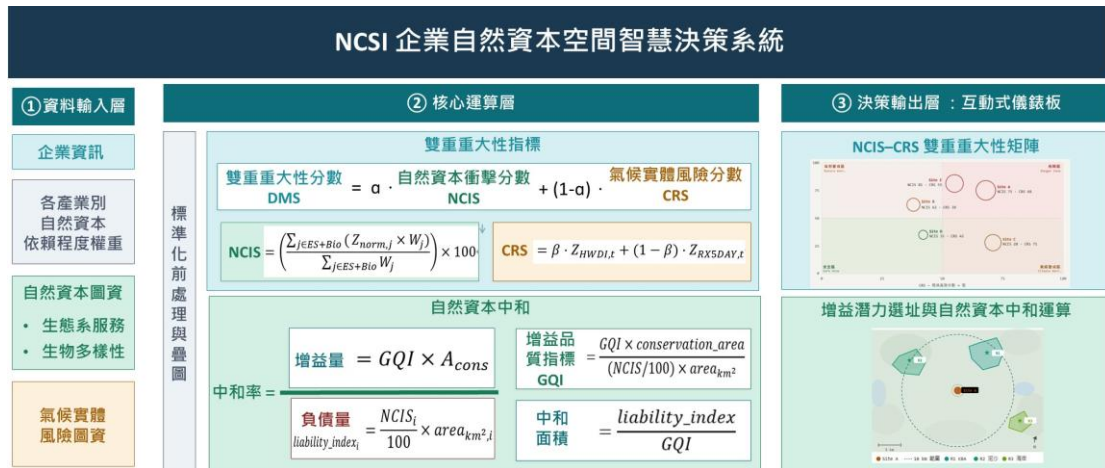


圖 7、系統架構圖

#### (一) 資料輸入層

首先須界定分析個案的「場域座標範圍」與「聯合國所有經濟活動的國際標準產業分類 (International Standard Industrial Classification of All Economic Activities, ISIC)」等基本資訊，前者協助框定圖資範圍，後者則可進一步對接「探索自然資本的機會、風險與暴露 (Exploring Natural Capital Opportunities, Risks and Exposure, ENCORE)」框架識別與經濟活動類型高度相關的生態系服務。

依據資料性質輸入之資料分為四類：「企業資訊與產業別權重」、「基準情境」、「生態系服務與生物多樣性」以及「氣候實體風險指標」。前者為常數資料，由使用者輸入各營運據點之經緯度座標、廠區範圍，以及年產能、營收或利潤等經濟指標，這些資訊構成後續空間分析與經濟評估的基礎資訊；後三者則為圖資，以範例分析個案為例，所輸入的圖資共有 15 項，部分圖資經過降尺度處理統一調整為 300 公尺解析度，輸入圖資細目如表 2 所示。

自然資本衝擊的評估奠基於「聯合國環境經濟會計體之生態系會計 (System of Environmental-Economic Accounting—Ecosystem Accounting, SEEA-EA)」下的實物量核算 (Physical Accounting) 框架，是以非貨幣單位量化自然資本及所提供的生態系服務。在「企業自然資本空間智慧決策系統」中期初存量 (Opening Stock) 的設定參考了 Mandle et al. (2024) 發表之以全球潛在自然植被 (Potential Natural Vegetation, PNV) 為基準情境 (Baseline) 的假設；資產減少量 (Reductions)，則是透過土地利用疊圖分析計算土地利用變化所導致的生態系服務功能損失，該損失量以 NCIS 分數表示；基準情境扣除 NCIS 分數可推估出期末存量 (Closing Stock)，亦即因人為活動土地利用改變後的自然資本存量。

表 2、範例個案的十五項分析圖資

類別	圖資名稱	說明與功能	來源
基準情境	潛在自然植被	地點在未開發狀態下的自然資本存量	Mandle et al. (2024)
生態系服務	氮滯留服務	植物過濾水源污染物、維持水質之能力	Mandle et al. (2024)
	泥沙滯留服務	森林與植被調節水土保持、減少土壤沖刷之服務	Mandle et al. (2024)
	海岸防護服務	紅樹林或濕地提供波浪消減、防潮等防禦能力	Mandle et al. (2024)
	自然親近服務	提供人類休閒、自然步道及身心健康之接觸機會	Mandle et al. (2024)
生物多樣性指標	關鍵生物多樣性區域	林業保育署依據生物分布資料、物種分布模型 SDM 等參數推估出動物多樣性熱點	林業及自然保育署(2026)
	物種豐富度	區域內各類物種分布之多樣性與密集程度	台灣生物多樣性網路 (2026)
	紅皮書瀕危物種	台灣紅皮書名錄極危、瀕危、易危物種之關鍵棲地	台灣物種名錄 (2026)
	特有種分布	台灣特有種的分布範圍加權物種豐富度	台灣物種名錄 (2026)
氣候實體風險指標	熱浪持續指數 (短期)	RCP8.5 排放情境下 2016-2035 年間高溫熱浪天數之物理風險評估	TCCIP AR5 (2017)
	熱浪持續指數 (中期)	RCP8.5 排放情境下 2046-2065 年間高溫熱浪天數之風險 (CRS_mid 計算基準)	TCCIP AR5 (2017)
	熱浪持續指數 (長期)	RCP8.5 排放情境下 2081-2100 年間高溫熱浪天數之長期演變	TCCIP AR5 (2017)
	五日最大累積降雨 (短期)	RCP8.5 排放情境下 2016-2035 年間極端降雨造成淹水風險之評估	TCCIP AR5 (2017)
	五日最大累積降雨 (中期)	RCP8.5 排放情境下 2046-2065 年間極端降雨風險 (CRS_mid 計算基準)	TCCIP AR5 (2017)
	五日最大累積降雨 (長期)	RCP8.5 排放情境下 2081-2100 年間極端降雨之長期演變	TCCIP AR5 (2017)

(二) 核心運算層

意旨將原始圖層資料經數值轉換轉與空間分析，轉換為具可比較性的指標，各指標運算公式於表 3，運算細節則於章節肆、作品材料說明中詳述。

表 3、企業自然資本空間智慧決策系統 (NCSI) 核心模組運算公式彙整

模組	指標名稱	計算公式	變數定義
雙重重大性指標	自然資本衝擊分數 (NCIS)	$NCIS = \left( \frac{\sum_{j \in ES+Bio} (Z_{norm,j} \times W_j)}{\sum_{j \in ES+Bio} W_j} \right) \times 100$	$Z_{norm,j}$ ：屬於生態系服務或生物多樣性圖層 $j$ 之百分位數標準化之像元分數 $W_j$ ：圖層權重
	氣候實體風險分數 (CRS)	$CRS_t = \beta \cdot Z_{HWDI,t} + (1 - \beta) \cdot Z_{RX5DAY,t}$	$\beta$ ：權重參數 (預設為 0.5) $Z_{HWDI,t}$ ：熱浪持續時間標準化指數 $Z_{RX5DAY,t}$ ：五日最大累積降雨標準化指數
	雙重重大性分數 (DMS)	$DMS_t = \alpha \cdot NCIS + (1 - \alpha) \cdot CRS_t$	$\alpha$ ：影響與風險權重 $CRS_t$ ：對應時間區段之氣候實體風險分數
	相對經濟產能指標 (ECS)	$ECS = \frac{P_i - P_{min}}{P_{max} - P_{min}} \times 100$	$P_i$ ：第 $i$ 廠區之產能或營收 $P_{min}$ ：所有比較廠區之最小產能 $P_{max}$ ：所有比較廠區之最大產能
貨幣化	生態系服務貨幣化公式	$value = \bar{V} \times A_{pixel} \times C$	$\bar{V}$ ：像元生態系服務量值平均 $A_{pixel}$ ：單一像元面積 (0.09 km <sup>2</sup> ) $C$ ：每單位服務貨幣價值
增益選址自然資本中和計算	自然資本負債量	$liability\_index_i = \frac{NCIS_i}{100} \times area_{km^2,i}$	$area_{km^2}$ ：廠區面積 (平方公里)
	像元增益潛力分數	$gain\_score = \frac{\sum_j Z_{norm,j} \times W_j}{\sum_j W_j}$	$Z_{norm,j}$ ：第 $j$ 個自然資本圖層之標準化分數 $W_j$ ：該圖層之 ENCORE 產業依賴權重 $j$ ：包含生態系服務與生物多樣性之圖層索引
	增益品質指標 (GQI)	$GQI = \frac{\sum_k gain\_score_k \cdot area_k}{\sum_k area_k}$	$gain\_score_k$ ：第 $k$ 個候選增益區之分數 $area_k$ ：第 $k$ 個候選區之實際面積 $k$ ：前三個高潛力連通區域

表三（續）、企業自然資本空間智慧決策系統 (NCSI) 核心模組運算公式彙整

模組	指標名稱	計算公式	變數定義
增益選址	總增益量	$gain\_offset = GQI \times A_{cons}$	$GQI$ ：增益品質指標 $A_{cons}$ ：投入保育面積，由使用者或決策情境設定
	自然資本中和達成率	$neutralization\ ratio = \frac{gain\_offset}{liability\_index}$ $= \frac{GQI \times conservation\_area}{(NCIS/100) \times area_{km^2}}$	$gain\_offset$ ：自然資本增益量 $liability\_index$ ：自然資本負債量
中和計算	達成自然資本中和所需之保育面積	$area\_needed = \frac{liability\_index}{GQI}$	$liability\_index$ ：自然資本負債 $GQI$ ：增益品質指標

### (三) 決策輸出層

輸出層以互動式儀錶板呈現，技術框架建立於 Python 的 Streamlit 開源框架，整合了動態地理資訊系統與多維度風險評估模型。在功能上，儀錶板由三大核心模組構成：首先是「時空圖層視覺化介面」，利用 Folium 與 pydeck 技術，將廠區經緯度與全球 300m 解析度之生態系服務及氣候實體風險圖資進行疊圖呈現，賦予決策者直觀辨識資產與生態敏感區重疊空間之能力；其次為「NCIS-CRS 雙重重大性矩陣」，透過 Plotly 引擎產出之互動式氣泡圖，將標準化後之自然資本衝擊分數 (Natural Capital Impact Score, NCIS) 與氣候實體風險分數 (Climate Risk Score, CRS) 投射於四象限分類中，協助企業跨資產的雙重重大性比較；最後則是「增益潛力選址與中和缺口計算」，呼應自然資本中和的國際訴求，此模組內嵌了空間演算法，允許用戶透過互動式滑調節保育區面積，即時量化並運算相應的保育效益。透過科學化的視覺化路徑，強化了企業在複雜氣候情境下進行永續轉型決策之實證基礎。

## 貳、作品材料說明

本團隊提出之「企業自然資本空間智慧決策系統 (Natural Capital Spatial Intelligence, NCSI)」是以空間資料整合與量化分析為核心之決策支援系統，其運作流程可分為三個主要階段：資料輸入層、核心運算層與決策輸出層。

### 一、資料輸入層

#### (一) 企業資訊與圖資範圍界定

主要來自內部資產清單，作為空間分析與經濟評估之基礎單位，包含：

1. 地理位置資訊：廠區經緯度座標，用以建立空間分析中心點。
2. 廠區面積：以平方公里 (km<sup>2</sup>) 表示，後續轉換為公尺尺度以進行空間計算。
3. 產業分類 (ISIC)：用於連結產業與自然資本依賴程度。
4. 經濟產能指標：如年產量或營收，作為衡量資產重要性之依據。

上述資料共同定義每一分析單元之空間位置、規模與經濟屬性。

針對輸入之廠區地理位置進行空間參考系統轉換，將原始之地理座標 (WGS84) 轉換至平面投影座標系 (TWD97 / TM2, EPSG:3826)。系統依據廠區面積  $A_{km^2}$  反推半徑所生成的等效圓形，並簡稱該圓形範圍為空間足跡 (Footprint)，使不同廠區在缺乏精確邊界資料時，仍可在一致條件下進行空間比較，其半徑  $R$  定義為：

$$R = \sqrt{\frac{A_{km^2} \times 1,000,000}{\pi}}$$

隨後，系統針對該空間範圍進行區域統計分析 (Zonal Statistics)，對空間足跡內所有像元計算平均值 (Zonal Mean)，是後續指標建模的基礎。

#### (二) 氣候實體風險圖資

為提升工具的在地化應用程度，反映氣候變遷對企業資產之不同時間尺度風險，採用台灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台 (Taiwan Climate Change Projection and Information Platform, TCCIP) 資料，並以統計降尺度轉換為 300 公尺高解析度圖資。

本系統現階段選取兩項氣候指標：熱浪持續指數以及五日最大累積降雨，並涵蓋短期 (2016 年至 2035 年)、中期 (2046 年至 2065 年)、長期 (2081 年至 2100 年) 三個時間情境。

#### (三) 自然資本圖資

系統導入 Mandle et al. (2024) 全球尺度之自然資本圖資，涵蓋生物多樣性與生態系服務的多種指標，並且以潛在自然植被 (Potential Natural Vegetation, PNV) 作為基線情境。由於實物量核算涉及多種物理單位的生態系服務圖資與氣候指標，如：降雨天數、沉積物噸數、物種豐富度數量等。為實現跨維度指標的加權整合，本系統採行百分位數標準化 (Percentile-based Normalization) 技術，將異質數據轉換為 0 至 1 之間的無因次量 (Dimensionless Basis)。

為克服傳統圖資模擬極大極小值標準化 (Min-Max Normalization) 方法所導

致常態分布的數據被過度壓縮於極窄區間，進而喪失對廠區間細微差異的辨識力，系統特別選取全台灣有效像元分布之第 1 百分位數 (P1) 與第 99 百分位數 (P99) 作為計算邊界，強化系統對空間數據中離群值的穩健性，運算公式如下：

$$Z_{norm,j} = \text{clip}\left(\frac{V_j - P1_j}{P99_j - P1_j}, 0, 1\right)$$

其中， $V_j$  代表該， $P1_j$  與  $P99_j$  則分別代表該指標在全台範圍內的基準閾值。透過此轉換，位於分布最末端 1% 的極低值將被歸零，而最頂端 1% 的極高值則統一定義為評分上限 (1.0)。此機制確保了 NCIS 與 CRS 能基於相同的機率分布背景進行水平對比，為後續之雙重重大性分析奠定具備統計意義的實證基礎。

#### (四) ENCORE 生態系服務依賴程度權重

企業自然資本空間智慧決策系統根據 ISIC 產業分類接軌 ENCORE 框架，篩選出各產業類別所高度依賴的自然資本項目與依賴程度。由於 ENCORE 原始資料採用序位尺度 (如 Very High、High、Medium 等)，無法直接進行數值運算，固本作品進一步將其轉換為介於零至一之間的連續數值權重，如表四所示，以建立可計算之依賴強度體系。

表 4、ENCORE 產業對生態系服務項目的依賴程度轉換係數表

ENCORE 評級	依賴程度	量化權重 (Weight)	計算備註
Very High (VH)	極高依賴	1.00	代表該產業運作對此生態系服務有絕對依賴。
High (H)	高依賴	0.75	代表該產業運作對此生態系服務有顯著依賴。
Medium (M)	中依賴	0.50	代表該產業運作對此生態系服務有中度依賴。
Low (L)	低依賴	0.25	代表該產業運作對此生態系服務之依賴度較低。
Very Low (VL)	極低依賴	0.10	代表該產業運作對此生態系服務僅存在微弱依賴。
Not Defined (ND)	不適用 / 未定義	0.00	代表該產業運作對此生態系服務無直接關聯或依賴。
	未列入評估	0.30	代表該生態系服務為被列入 ENCORE 系統下產業對生態系服務項目。但不代表全然無關，須由專家知識判斷量化權重，但系統預設值採保守風險配置，避免低估風險之預設值。

## 二、核心運算層

核心運算層將輸入層所整合之企業資產資料與多源空間環境圖資，轉換為合乎 SEEA-EA) 下的實物量核算 (Physical Accounting) 框架的量化指標。依執行步驟可區分為五項關鍵模組：空間幾何特徵提取與統計量化、產業依賴性權重轉導、

### (一) ENCORE 生態系服務依賴程度權重轉換模組與疊圖

各產業類別所依賴之生態系服務可能同時對應多個圖資層 (例如水質淨化同時影響氮滯留與泥沙滯留)，本系統採用比例分配方式進行權重轉換，並將不同服務對同一圖層之貢獻進行加總；在此之上，若企業涉及多個產業類別時，則對各產業所計算之圖層權重取平均值，以建立企業層級之綜合依賴權重。各圖層權重可表示為：

$$W_{layer} = \frac{1}{N_{ISIC}} \sum_{i=1}^{N_{ISIC}} \left( \sum_{j \in ES} f(Rating_{i,j}) \times MapWeight_{j \rightarrow layer} \right)$$

其中：

- $N_{ISIC}$ ：廠區涉及的 ISIC 編碼數量
- $Rating_{i,j}$ ：第  $i$  產業對第  $j$  生態系服務的依賴評級
- $MapWeight_{j \rightarrow layer}$ ：ENCORE 生態系服務依賴程度權重

### (二) 核心分數計算與風險象限分類

在完成疊圖與標準化處理後，系統進一步將各圖層之標準化結果轉換為具決策意義之綜合指標。此階段主要包含四項指標建構：自然資本衝擊分數 (Natural Capital Impact Score, NCIS)、氣候實體風險分數 (Climate Risk Score, CRS)、雙重重大性分數 (Double Materiality Score, DMS) 與經濟產能指標 (Economic Capacity Score, ECS)。

#### 1. 自然資本衝擊分數 (Natural Capital Impact Score, NCIS)

NCIS 用以衡量企業資產對自然資本之衝擊程度，其數值越高，代表該資產佔用或影響之自然資本價值越高，計算基於各圖層標準化分數  $Z_{norm,j}$  與對應權重  $W_j$  之加權平均：

$$NCIS = \left( \frac{\sum_{j \in ES+Bio} (Z_{norm,j} \times W_j)}{\sum_{j \in ES+Bio} W_j} \right) \times 100$$

其中：

- $Z_{norm,j}$ ：第  $j$  個自然資本圖層之標準化分數 (0-1)
- $W_j$ ：由 ENCORE 依賴性轉換所得之圖層權重
- $n$ ：納入計算之圖層數量

#### 2. 氣候實體風險分數 (Climate Risk Score, CRS)

CRS 用以衡量企業資產暴露於極端氣候事件之風險程度。本系統選用兩項核心指標：熱浪持續指數 (HWDI) 與五日最大累積降雨 (RX5DAY)，並透過加權整合形成單一風險分數。對於每一時間區段  $t$ ，公式如下：

$$CRS_t = \beta \cdot Z_{HWDI,t} + (1 - \beta) \cdot Z_{RX5DAY,t}$$

其中：

- $Z_{HWDI,t}$ 、 $Z_{RX5DAY,t}$ ：對應時間區段之標準化氣候指標
- $\beta$ ：權重參數 (預設為 0.5，使用者可依需求調整)
- $t \in \{\text{near,mid,long}\}$ ：分別代表短期、中期與長期

為提升分析完整性，系統同時計算短期 (2016 年至 2035 年)、中期 (2046 年至 2065 年)、長期 (2081 年至 2100 年) 三個時間尺度的 CRS，以反映氣候實體風險隨時間變化之動態特性。其中，中期風險 (CRS\_mid) 通常作為決策與分類之主要依據。

### 3. 雙重大性分數 (Double Materiality Score, DMS)

DMS 為整合自然資本衝擊與氣候實體風險之綜合指標，其設計依據雙重大性概念，將企業對自然之影響與自然對企業之風險納入同一評估框架，公式為：

$$DMS_t = \alpha \cdot NCIS + (1 - \alpha) \cdot CRS_t$$

其中：

- $\alpha$ ：權重參數 (0-1)，反映 NCIS 對 CRS 的相對重要性
- $CRS_t$ ：對應時間區段之氣候實體風險分數

透過調整  $\alpha$ ，系統可依分析目的 (例如環境優先或財務風險導向) 改變整合方式，提供彈性化決策支援。

### 4. 經濟產能指標 (Economic Capacity Score, ECS)

ECS 用以衡量各廠區在企業整體營運中的相對重要性，其計算基於企業輸入之產能或營收資料，並進行線性標準化：

$$ECS = \frac{P_i - P_{min}}{P_{max} - P_{min}} \times 100$$

其中：

- $P_i$ ：第  $i$  廠區之產能或營收
- $P_{min}, P_{max}$ ：所有廠區之最小與最大值

ECS 不直接影響 NCIS 或 CRS 計算，而是作為後續視覺化分析 (如氣泡圖) 中之權重變數，使風險評估能同時呈現「環境衝擊」與「經濟重要性」。

#### (三) 生態系服務貨幣化

除實物量分數外，系統亦對部分可貨幣化之生態系服務進行經濟價值估算，轉換依據參見表五，使自然資本損失不僅能以相對分數呈現，也能轉換為更接近財務價值，計算公式如下：

$$value = \bar{V} \times \frac{A_{site}}{A_{pixel}} \times C$$

其中：

- $\bar{V}$ ：廠區範圍內各像元之生態系服務物理量的均值
- $A_{site}$ ：廠區覆蓋面積
- $A_{pixel}$ ：300 公尺解析度圖資單一網格像元實際面積 (0.09 km<sup>2</sup>)

- C：每單位服務貨幣價值

目前貨幣化的項目包含「沿海防護」與「自然親近」，前者表示自然生態系(如紅樹林、濕地與海岸地形)對沿海地區提供減災與防護功能，後者則表示人類可接觸自然環境並獲得遊憩與健康效益之程度。

表 5、生態系服務之貨幣價值評估指標貨幣價值

生態系服務項目	價值指標	評估方法	物理量單位	單位貨幣價值 (新臺幣)	參考文獻
氮滯留	淨化價值	避免損害成本法	每年公頃總氮負荷減量 (kg/ha/yr)	57 元	行政院環境保護署 (2019)
沉積物滯留	清淤價值	避免損害成本法	每年公頃侵蝕減少量 (t/ha/yr)	500 元	曾國柱 (2025)
海岸脆弱度	防護價值	避免損害成本法	受惠人口數	82.2 元	海洋委員會 (2019)
自然近用性	遊憩價值	旅行成本法	受惠人口數	1,412 元	遊憩區生態系統服務功能及其價值探討 (2019)

#### (四) 增益選址與自然資本中和計算

在取得 NCIS 與 CRS 分數後可進行增益選址與中和計算，增益潛力代表「若企業在該地點投入保育行動(植樹復育、棲地保護、保育地等)，可鎖定的自然資本服務存量」，在自然資本中和的訴求下，系統將協助企業辨識若要中和其所造成的自然資本負債所應達成的增益潛力，並給予選址與保育行動建議。

##### 1. 自然資本負債

在補償分析之前，系統須先量化企業之自然資本負債。其定義為自然資本衝擊分數與空間尺度的乘積：

$$liability\_index_i = \frac{NCIS_i}{100} \times area_{km^2,i}$$

- NCIS：自然資本衝擊分數
- $area_{km^2}$ ：廠區面積 (平方公里)

此指標可視為「面積加權之自然資本損失量」，用以衡量不同廠區之絕對衝

擊規模，並作為中和計算之基準。此外，系統亦可貨幣化計算負債量：

$$liability_{twd} = coastal\_value_{twd} + nature\_access\_value_{twd}$$

其中：

- $coastal\_value_{twd}$ ：沿海防護之貨幣化價值 (元/年)
- $nature\_access\_value_{twd}$ ：自然親近之貨幣化價值 (元/年)

## 2. 增益潛力選址

增益選址旨在辨識廠區周邊具高生態價值之區域，作為企業投入保育行動之優先地點，其方法延續與 NCIS 計算相同的 ENCORE 權重對空間足跡內的像元進行，確保「損失」與「補償」在同一評估體系下具備可比性，運算流程如下：

1. 建立以廠區為中心點周邊 10 公里圓形空間足跡
2. 讀取空間足跡範圍內生態系服務與生物多樣性圖資像元，並以百分位數標準化
3. 依 ENCORE 生態系服務依賴程度權重加權平均，得到每個像元的增益潛力分數 (Gain Score)，增益潛力分數數值越高，表示該區域之保育投資效益越佳，計算公式如下：

$$gain\_score = \frac{\sum_j Z_{norm,j} \times W_j}{\sum_j W_j}$$

- $Z_{norm,j}$ ：第  $j$  個自然資本圖層之標準化分數 (值域範圍為 0 至 1)
- $W_j$ ：該圖層之 ENCORE 產業依賴權重
- $j$ ：包含生態系服務與生物多樣性之圖層索引

4. 取前 20% 高分增益潛力分數的像元作，以聚類分析套件 `scipy.ndimage.label` 執行連通區域分析 (connected component analysis) 識別空間上連續之高潛力區域。最終輸出前三個代表性區塊，並提供其空間範圍、面積、主導生態特徵及對應之保育行動建議。識別高潛力的連續區域，依區域平均分數排序，取前三個區域作為候選保育區。

為量化整體保育區的增益潛力，系統定義增益品質指標 (Gain Quality Index, GQI)，其為前三個候選區域之面積加權平均：

$$GQI = \frac{\sum_{k=1}^3 gain\_score_k \times area_k}{\sum_{k=1}^3 area_k}$$

- $gain\_score_k$ ：第  $k$  個候選增益區之分數
- $area_k$ ：第  $k$  個候選區之實際面積 ( $km^2$ )
- $k$ ：前三個高潛力連通區域

## 3. 自然資本中和模型 (Neutralization Model)

基於負債與增益之對應關係，系統建立自然資本中和計算框架。當企業投入保育面積  $A_{cons}$  時，其可產生之增益量為：

$$gain\_offset = GQI \times A_{cons}$$

- $GQI$ ：增益品質指標
- $A_{cons}$ ：投入保育面積（平方公里），由使用者或決策情境設定進而定義中和比例（neutralization ratio）為：

$$neutralization\ ratio = \frac{gain\_offset}{liability\_index}$$

- $gain\_offset$ ：自然資本增益量
- $liability\_index$ ：自然資本負債量

或展開為：

$$neutralization\ ratio = \frac{GQI \times A_{cons}}{(NCIS/100) \times area_{km^2}}$$

- $GQI$ ：增益品質指標
- $A_{cons}$ ：投入保育面積（平方公里），由使用者或決策情境設定
- $area_{km^2}$ ：廠區面積（平方公里），反映開發規模
- $NCIS$ ：自然資本衝擊分數

系統亦可反推完全達成自然資本中和所需之保育面積：

$$area\_needed = \frac{liability\_index}{GQI}$$

- $liability\_index$ ：自然資本負債
- $GQI$ ：增益品質指標，代表單位保育面積可產生之平均自然資本增益效率

### 參、創意特點與創意說明

「企業自然資本空間智慧決策系統」針對當前企業在自然相關財務揭露與雙重重大性分析中所面臨之量化與決策提出之整合性解決方案。透過空間資訊分析、環境經濟核算與產業對自然資本依賴模型進行跨域整合，本系統將自然資本評估由傳統之定性描述與主觀評分，提升為具備空間解析度與量化基礎之決策支援工具。

#### 一、由主觀評估轉向空間量化之雙重重大性分析框架

傳統企業在進行雙重重大性分析時，多依賴利害關係人問卷與專家判斷進行議題排序，缺乏可驗證之量化依據與空間尺度分析能力，導致評估結果難以反映實體資產所在地之環境差異。

本系統之創新在於將雙重重大性概念操作化，透過自然資本衝擊分數 (NCIS) 與氣候實體風險分數 (CRS) 建立可計算之評估框架，並進一步整合為雙重重大性分數 (DMS)。此一設計使企業活動對自然環境所造成之影響與營運決策所帶來之風險與機會，不再停留於概念層次，而能以空間化數據進行量化分析，顯著提升企業風險辨識之精確性與可比較性。

#### 二、產業依賴與空間異質性整合之評估架構

本系統根據聯合國 ISIC 國際標準產業分類，對接 ENCORE 資料庫對各產業的生態系服務的依賴等級。並經過量化權重設計，與 300 公尺高解析度生態系服務圖疊圖整合。此一設計使自然資本評估能同時考慮到「產業特性」與「地理差異」，克服傳統 ESG 評估中，僅依賴產業平均值或國家尺度資料模糊推估之限制。這使企業得以在「資產層級」進行精細的風險比較，更能進一步將環境數據投射至「NCIS-CRS 雙重重大性矩陣」中，為未來的擴廠選址、資源重配置與自然資本中和等營運規劃，提供具備科學實證與財務公信力的決策優化依據。

#### 三、自然資本貨幣化

為提升決策溝通效率，本系統導入生態系服務貨幣化模組，將沿海防護與自然親近等生態功能轉換為貨幣價值。此一設計使自然資本損失得以轉譯為企業熟悉之財務語言，協助管理階層將環境風險納入資產減損評估與投資決策。相較於僅提供實物量指標之工具，本系統同時提供「物理量—貨幣價值」雙軌分析，使自然資本評估更具實務應用價值。

#### 四、由風險揭露邁向行動導向之中和決策模型

本作品之重要創新在於將自然資本評估由靜態風險揭露，推進至動態策略規劃。透過「增益潛力選址」與「自然資本中和計算」模組，系統可辨識廠區周邊具高保育價值之區域，並量化不同保育投入情境下之補償效果。其中，自然資本中和比建立了「損失—補償」之對應關係，使企業能明確評估其自然資本負債與保育需求，並進一步推導達成自然正效益所需之行動規模。此一設計使自然資本管理由被動揭露轉化為主動規劃工具。

## 五、空間鄰近性原則之應用與生態合理性提升

相較於傳統生物多樣性抵換常涉及異地補償之爭議，本系統採用空間鄰近性原則，優先於廠區周邊進行增益選址，使受損區域與補償區域在空間上具有一致性。此一設計不僅提升生態系服務供需對應之合理性，亦與 SBTN 所倡議之減緩階層 (Mitigation Hierarchy) 原則相符，強化本系統在政策與國際框架中的適用性。

## 六、決策導向視覺化工具之整合創新

本系統透過互動式儀錶板整合空間圖層、雙重重大性矩陣與中和模擬功能，將複雜之分析結果轉化為直觀之視覺化資訊。特別是「互動性儀錶板」與「NCIS-CRS 雙重重大性矩陣」之設計，使企業能快速辨識高風險資產並進行策略排序。此一視覺化設計不僅提升分析結果之可解釋性，亦大幅降低使用門檻，使非技術背景之決策者亦能有效理解與應用分析成果。

## 肆、作品應用範圍及發展潛能

### 一、商業模式九宮格

「企業自然資本空間智慧決策系統」的商業服務模型定位為「科技賦能的顧問服務」，以兩階段漏斗模型為高風險產業提供資產配置優化與主動避險的解決方案。

商業模式				
<b>(8) 關鍵合作夥伴</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>雲端資料廠商</li> <li>環境資料庫公司</li> <li>環評機構</li> <li>查驗證公司</li> </ul>	<b>(7) 關鍵活動</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>標準化流程</li> <li>專業報告產出</li> <li>核心圖資不外流</li> </ul>	<b>(2) 價值主張</b> 在最低的環境衝擊下，最大化有意義的產量提升	<b>(4) 顧客關係</b> 專家顧問式服務	<b>(1) 目標客群</b> 土地開發利用高度相關的產業 <ul style="list-style-type: none"> <li>水泥業</li> <li>採礦業</li> <li>能源開發商</li> <li>工業區開發案</li> </ul>
	<b>(6) 關鍵資源</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>頂尖線領人才</li> <li>高解析度自然資本圖資</li> <li>軟體體資源</li> </ul>		<b>(3) 通路渠道</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>高階顧問式直洽通路</li> <li>洞察報告</li> <li>合作通路(環評)</li> <li>線上平台</li> </ul>	
<b>(9) 成本結構</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>價值驅動</li> <li>人力成本250萬/年</li> <li>技術成本85萬/年</li> </ul>		<b>(5) 收益來源</b> 四種收費模式： <ol style="list-style-type: none"> <li>訂閱平台：NT\$ 5-10萬/年</li> <li>資源盤點、風險矩陣：NT\$ 30-50萬/案</li> <li>擴廠選址策略：NT\$ 100-200萬/案</li> <li>TNFD完整顧問服務：NT\$ 150-300萬/案</li> </ol>		

圖 8、商業模式九宮格

#### (一) 目標客層

「企業自然資本空間智慧決策系統」的服務的核心是當企業有土地利用需求時，提供與自然資本相關的地理資訊作為決策依據。因此與「土地利用變遷 (Land Use Land Change, LULC)」高度相關的產業會是我們目標客群，包含 WWF (World Wide Fund for Nature) 盤點的：農業、畜牧業、林業、基礎建設、採礦與能源資源開發、水產養殖等。而我們再進一步鎖定企業規模與資本額較大，或擴廠時可能有環評需求的產業，其對我們的服務較可能有需求且較能負擔專案費用，相關產業如下：水泥業、採礦業、能源開發商、工業區開發案。

#### (二) 價值主張

NCSI 的核心使命在於協助企業「在最低的環境衝擊下，最大化有意義的產量提升」，透過結合國際科學模型與 GIS 空間分析，將抽象的自然風險轉化為可量化、可決策的具體指標，協助企業往「對自然資本破壞最小」的方向設廠，達到意義最大化的產量提升。我們提供三項獨創的決策分析成果：生態效益矩陣、TNFD LEAP 數據表、生態衝擊最小選址來達成此使命，協助企業優化固定資產配置、避免環評延宕。

#### (三) 通路渠道

- 高階顧問式直洽通路 (C-suite Engagement)：NCSI 採取高階顧問式直洽策略，針對董事長、總經理、永續長與策略長等高階決策者提供顧問服務、進行高層簡，協助高層進行公司關鍵決策。
- 產業合作通路：根據環評審核標準，將自然資本相關的指標列入我們的分

析範疇。

3. 政府計畫合作通路：接政府計畫、委辦案、推動示範計畫，內容與 TNFD、生態系服務、自然資本、國土自然風險相關。
4. 數位平台：以官方網站和線上儀表板服務作為客戶認識我們的渠道。

#### (四) 顧客關係

NCSI 將提供專家顧問式服務給顧客，執行內容包含：客戶提供開發地區名單、供應商名冊、選址方案，我們提供自然資本量化評估報告書，作為他們篩選供應商、選址的參考依據。

#### (五) 收益來源

顧問服務的收入為我們主要的收益來源。

#### (六) 關鍵資源

由於 NCSI 的核心競爭力在於結合了最新的科學模型與 GIS 空間分析，因此關鍵資源主要集中在技術與人才：

1. 頂尖人才與知識庫：
  - (1) 具備 GIS 空間分析之人才
  - (2) 具備生態系服務、生物多樣性知識之人才
  - (3) 對 ESG、TNFD 等國際規範及商業財務邏輯有深入理解的人才
2. 數據與計算能力：
  - (1) 雲端資料庫
  - (2) 高效能運算資源

#### (七) 核心技術資產

1. 高解析度空間資料 (包括全球開源數據和高解析數據)
2. 標準化、可規模化的分析流程
3. 生態效益矩陣圖、生態衝擊最小選址、TNFD LEAP 數據表等專屬工具

#### (八) 關鍵活動

NCSI 專注於建立可信度、差異化和資料安全的流程：

1. 建立標準化量化流程
  - (1) 建立一套完整、標準化的「選址與環境成本量化流程」
  - (2) 持續優化生態系統服務指標選取與模型參數化
  - (3) 確保結果可與環評常見項目對接
2. 資安與數據保護
  - (1) 確保圖資資料的資安及人員控管嚴謹。
  - (2) 對外只提供報告，不提供原始圖資，以確保核心圖資不外流
3. 洞察報告產出：發表洞察報告，建立「台灣自然資本量化的專家」品牌形象。

#### (九) 關鍵夥伴

1. 圖資數據夥伴：
  - (1) 學術單位或資訊公司：單位透過無人機、LiDAR、現地調查所得的

高解析度圖資。

(2) 環境資料庫機構 (如環評資料庫、IUCN 等)。

2. 技術與雲端夥伴：

(1) 雲端服務供應商

(2) 地理資訊系統 (GIS) 供應商

3. 政府合作夥伴：透過政府委辦案與計畫，作為主要的產官學合作通路。

(十) 成本結構 (Cost Structure)

NCSI 採取價值驅動 (Value-Driven) 的成本結構，透過在自然資本的藍海市場中提供服務，來站穩在此領域的地位。

## 二、SWOT 分析



圖 9、企業自然資本空間智慧決策系統之 SWOT 分析

(一) Strengths (內部優勢)

1. 先發者優勢：首家提出此方法，搶佔藍海市場，並透過年度洞察報告書奠定品牌形象。
2. 跨領域頂尖人才：融合 GIS 空間分析、生態資訊量化，並深入理解 TNFD 與永續知識之人才。
3. 獨創決策框架：開發「生態效益矩陣圖」、「TNFD LEAP 數據表」等獨家工具，將數據轉化為商業洞察。

(二) Weaknesses (內部劣勢)

1. 開源模型：核心演算法為開源，需透過獨創分析解果建立價值。
2. 品牌知名度初期不足：需透過發表《台灣土地利用變遷年度報告》等「思想領導力」內容快速建立權威。
3. 高價值專案：需時間建立市場信任。

(三) Opportunities (外部機會)

1. 全球監管趨勢：TNFD、CDP 問卷等國際框架及評比創造市場需求。

2. 台灣本土化數據缺口：台灣缺乏完整且高解析度的生物多樣性、生態系服務圖資。
3. 產業合作生態系：與環評機構合作，嵌入其價值鏈。

#### (四) Threats (外部威脅)

1. 新進競爭者快速模仿：其他顧問或數據公司可複製開源模型，發展出各自的決策系統。
2. 關鍵圖資之資安問題：關鍵圖資若遭竊取或外流，將嚴重影響營運服務。

### 三、波特五力分析

#### (一) 現有競爭者的敵對程度：低，但將加劇。

1. 原因：目前處於藍海市場，尚無直接競爭者。
2. 我們的對策：利用先發優勢迅速建立品牌與合作夥伴關係，在競爭加劇前站穩市場。

#### (二) 新進入者的威脅：中等偏高

1. 原因：開源模型降低技術門檻。
2. 我們的對策：以「數據在地化」、「獨創決策框架」與「顧問專業」建立後來者難以超越的門檻。

#### (三) 購買者的議價能力：中等

1. 原因：客戶初期可能對 NT\$150-300 萬的顧問費敏感。
2. 我們的對策：服務以「價值驅動」為主，雖單價較高但能幫助客戶順利通過環評，創造高於顧問費的價值。

#### (四) 供應商的議價能力：低至中等

1. 原因：數據供應商（圖資、雲端）選擇多。
2. 我們的對策：NCSI 的核心價值在於對圖資「整合、分析、解讀」，並不依賴特定供應商。

#### (五) 替代品的威脅：低

1. 原因：現存替代方案（傳統環工顧問、永續團隊）無法同時滿足「空間資訊之科學量化」與「商業策略」的需求，我們提供新型態解決方案。

### 伍、工作分配

表 6、工作分配表

成員	職稱	工作內容
陳睿期	隊長	聯繫負責人、模擬分析、決賽作品說明書校稿
黃昱婷	隊員	圖資彙整、海報設計、決賽作品說明書校稿
劉芷婷	隊員	決賽作品說明書撰寫、作品簡介短片剪輯

## 陸、引用文獻

1. 行政院環境保護署 (2019)。《109 年至 112 年「永續水質推動計畫-氮氮削減示範計畫」》。行政院環境保護署。
2. 台灣水泥股份有限公司 (2024)。《2024 TCFD Report 氣候相關財務揭露報告》。取自 <https://www.taiwancement.com>
3. 台灣生物多樣性網路 (2026)。《物種分布資料》。取自 [https://www.tbn.org.tw/topic/species\\_richness](https://www.tbn.org.tw/topic/species_richness)
4. 台灣物種名錄 (TaiCoL) (2026)。《台灣物種名錄》。取自 <https://taicol.tw/zh-hant/catalogue?filter=2>
5. 股感編輯部 (2025)。〈台泥 (1101) - 財務分析〉。《股感 StockFeel》。取自 <https://www.stockfeel.com.tw/financial/?stock=1101>
6. 海洋委員會 (2020)。《臺灣海域生態守護計畫(114-119) 選擇方案及替代方案之成本效益分析報告》。海洋委員會。
7. 袁延壽 (2023)。〈台泥再生資源利用中心 7 月試營運〉。《工商時報》。取自 <https://www.ctee.com.tw/news/20230203701003-439901>
8. 曾國柱 (2025)。〈石門水庫庫容維持策略及清淤簡介〉。《地質》，44(3-4)，103-106。
9. 農業部林業及自然保育署 (2026)。《生物多樣性熱區資料》。取自 <https://www.forest.gov.tw/0004767>
10. 遊憩區生態系統服務功能及其價值探討—以內洞老街、溫泉區為例 (2019)。《島嶼觀光研究》，12(2)。
11. 臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫 (TCCIP) (2017)。《AR5 氣候變遷推估資料服務》。國家災害防救科技中心。取自 [https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/ds\\_02\\_06\\_ar5.aspx](https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/ds_02_06_ar5.aspx)
12. 臺灣證券交易所 (2025)。《第十二屆公司治理評鑑評分指南》。公司治理中心。取自 <https://cgc.twse.com.tw/evaluationCorp/listCh>
13. Mandle, L., Shea, A., Soth, E., et al. (2024). An open-source approach for measuring corporate impacts on ecosystem services and biodiversity. *Communications Earth & Environment*, 5(1), 625. <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01797-7>
14. Natural Capital Coalition. (2016). *Natural capital protocol*. <https://naturalcapitalcoalition.org/natural-capital-protocol/>
15. OECD. (2011). *Towards green growth*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264111318-en>
16. Taiwan Cement Corporation. (2023, September). *Green financing framework*. <https://www.tccgroup Holdings.com>
17. World Bank. (2021). *The changing wealth of nations 2021: Managing assets for the future*. World Bank Publications. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648->

[1590-4](#)