

教育部113學年度 中小學科學教育專案期中報告

探究式「環境生態之科學建模課程模組」研發計畫 (第二年)

報告者：臺北市立陽明高級中學
計畫主持人/王聖淵
協同計畫主持人/吳林建宏

計畫目的

- 研發**基於系統思考之探究式科學建模課程模組**
- 提升學生對**新興科技與科學的興趣**，並凸顯**研究精神**的重要性。
- 研發之課程以**營隊方式或假日專題研討方式**進行課程推廣教學
- 探討參與學生的**科學學習經驗**以及**投入狀態**對學生探究能力的影響。

參與計畫人員

姓名	服務機關單位	職稱
吳林建宏	臺北市立陽明高級中學	數學科教師
林承恩	臺北市立陽明高級中學	自然科教師
謝東霖	臺北市立陽明高級中學	自然科教師
王慶華	臺北市立陽明高級中學	英文科教師
蔡育螢	臺北市立陽明高級中學	國文科教師
陳巧雯	臺北市立陽明高級中學	數學科教師
吳柏萱	臺北市立陽明高級中學	數學科教師
連紫汝	臺北市立陽明高級中學	數學科教師

步驟

- **本計畫預定以二年為期**
 - **第一年：透過本校教師群共同設計國、高中的課程與教材**
 - **第二年：利用第一年所開發的課程教材進行合作學校課程推廣與科學研究**

組織教師團隊發展課程教學模組

辦理學生科學營隊活動，並組織學生社群

發展階段性模式，規劃鷹架式學習活動

「環境生態之科學建模課程模組」推廣

建模

架構模型

驗證模型、使用解答解釋現實問題

解決問題

連結環境生態議題

結合資訊工具



動手實作(Learning by doing)

建模工具：系統動力學

- **什麼是系統動力學(System Dynamics)?**
 - 設計系統的電腦模擬工具
 - 模擬真實世界運作的問題
- 解決問題的方法：透過**模型**的建立與操弄的過程而獲得的，逐步發掘出產生變化形態的因、果關係。
- 系統動力學是美國麻省理工史隆管理學院福雷斯特(Jay W. Forrester)於1956年創造的一種**電腦模擬模型**。
- 綜合了系統理論、資訊理論、決策理論以及電腦模擬等所發展出來的(資料來源：[維基百科](#))。
- 它可以透過電腦模擬動態性複雜問題的工具，解決管理、社會學、自然科學與工程的問題。

建模工具 - Vensim介紹

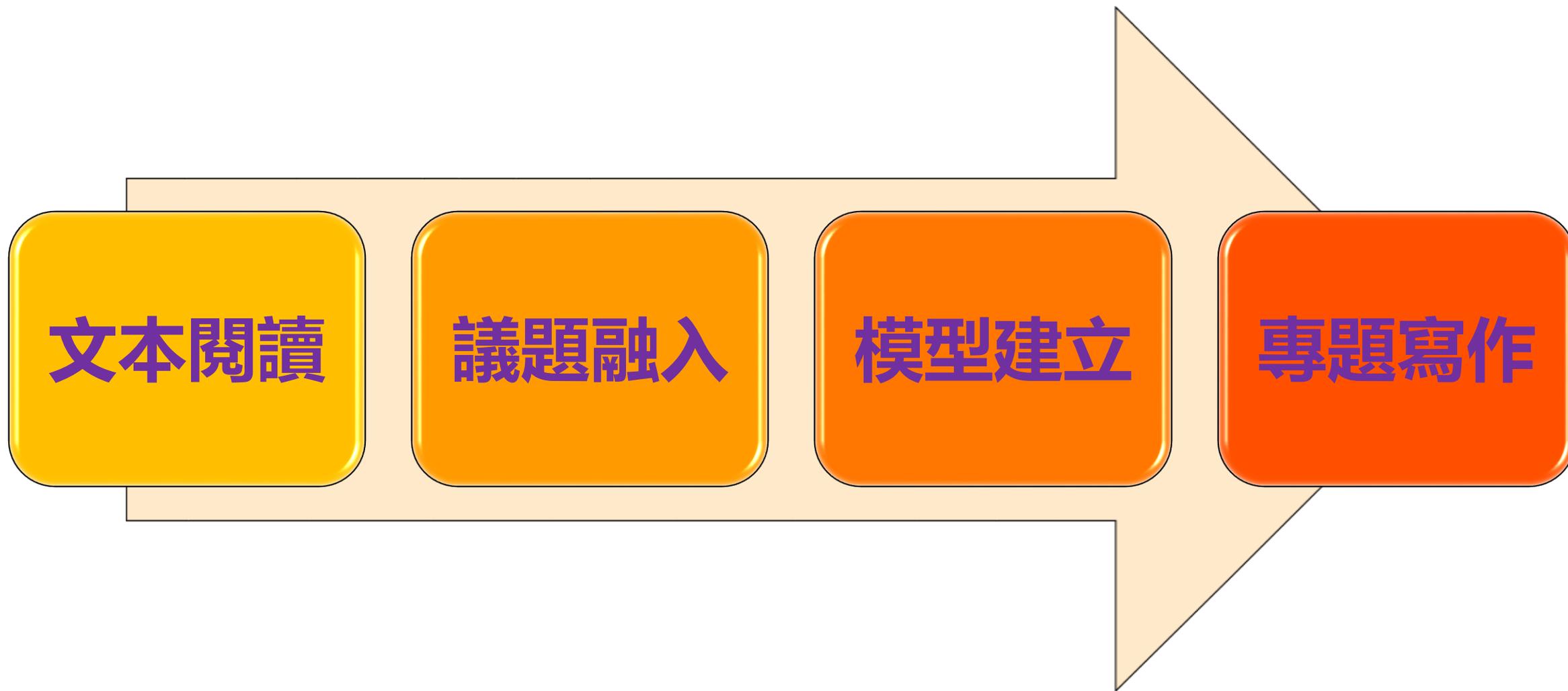
• Vensim 軟體簡介

- Vensim軟體是由美國Ventana公司所發展的，專門做為系統動力學模擬使用的軟體（官方網站：<http://vensim.com/>），此軟體的開發是基於因果關係發展而來。
- 對於初學者來說，皆可以利用介面上所提供的物件繪製工具，輕易的繪製系統動力圖。
- 接著直接在動力圖上輸入物件之間的關係式，便可建立系統動力模型
- 當系統的作用或假設不合乎基本邏輯時，軟體本身會自動偵測出錯誤，並導致模式無法執行。
- 而繪製出來的模型能夠進行各種不同策略的情境模擬，協助研究者進行各項實驗分析。

目標

- 認識系統思考的基本概念與工具
- 能夠繪製簡單的系統圖
- 繪製出來的模型能夠進行各種不同策略的情境模擬，協助研究者進行各項實驗分析。

課程操作 / 教案研發：模式



發展4份課程模組

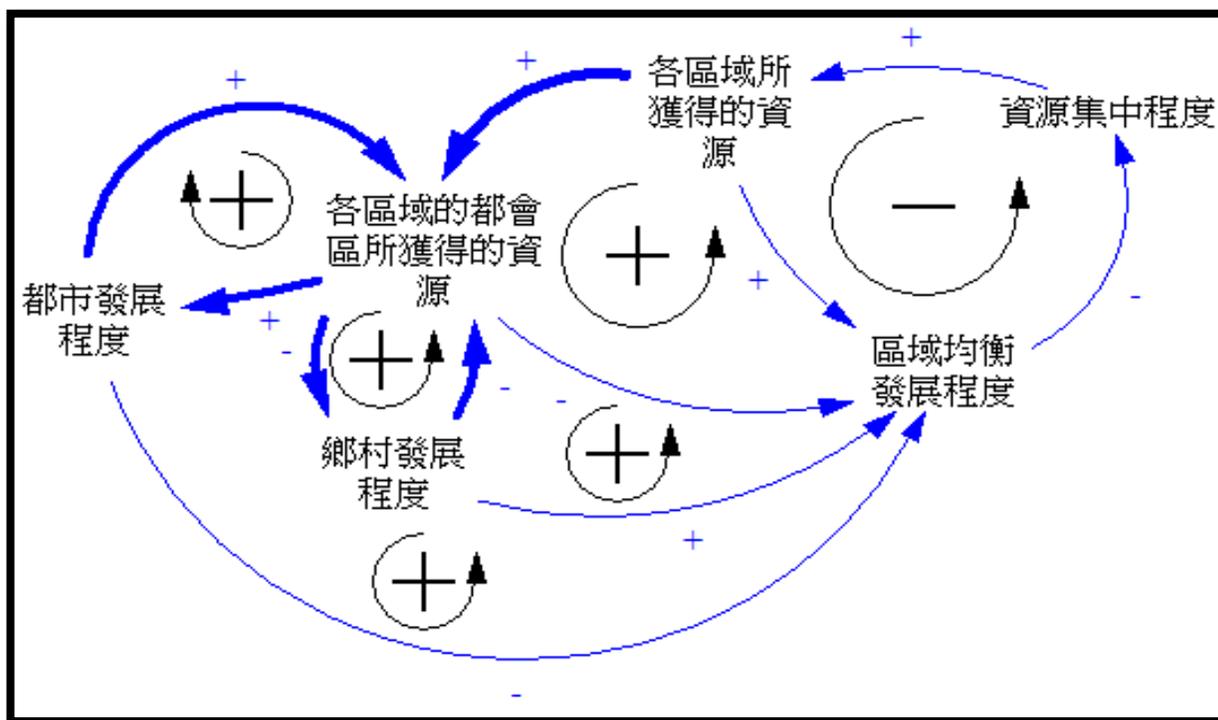
- **SDG 11: 永續城鄉 - 直轄市的建立與城鄉差距的問題**
- **SDG 13: 氣候行動-交通堵塞導致空氣汙染物排放問題**
- **SDG 14: 保育海洋生態-以阿拉斯加為例**
- **SDG 15: 陸地生態 - 凱巴布森林的野鹿**

課程模組 1 試行分析

- **SDG11：可持續城市和社區-直轄市的建立與城鄉差距的問題**
 - 使用系統基模：飲鴆止渴、富者越富
 - 探索議題：
SDG 11：可持續都市和社區中「共融和可持續的城市發展」
 - 試行成果：於跨領域(偏人文)課程進行，並嘗試和環境生態結合

課程模組 1 試行分析

- **SDG11：可持續城市和社區-直轄市的建立與城鄉差距的問題**
 - **使用系統基模：飲鴆止渴、富者越富**



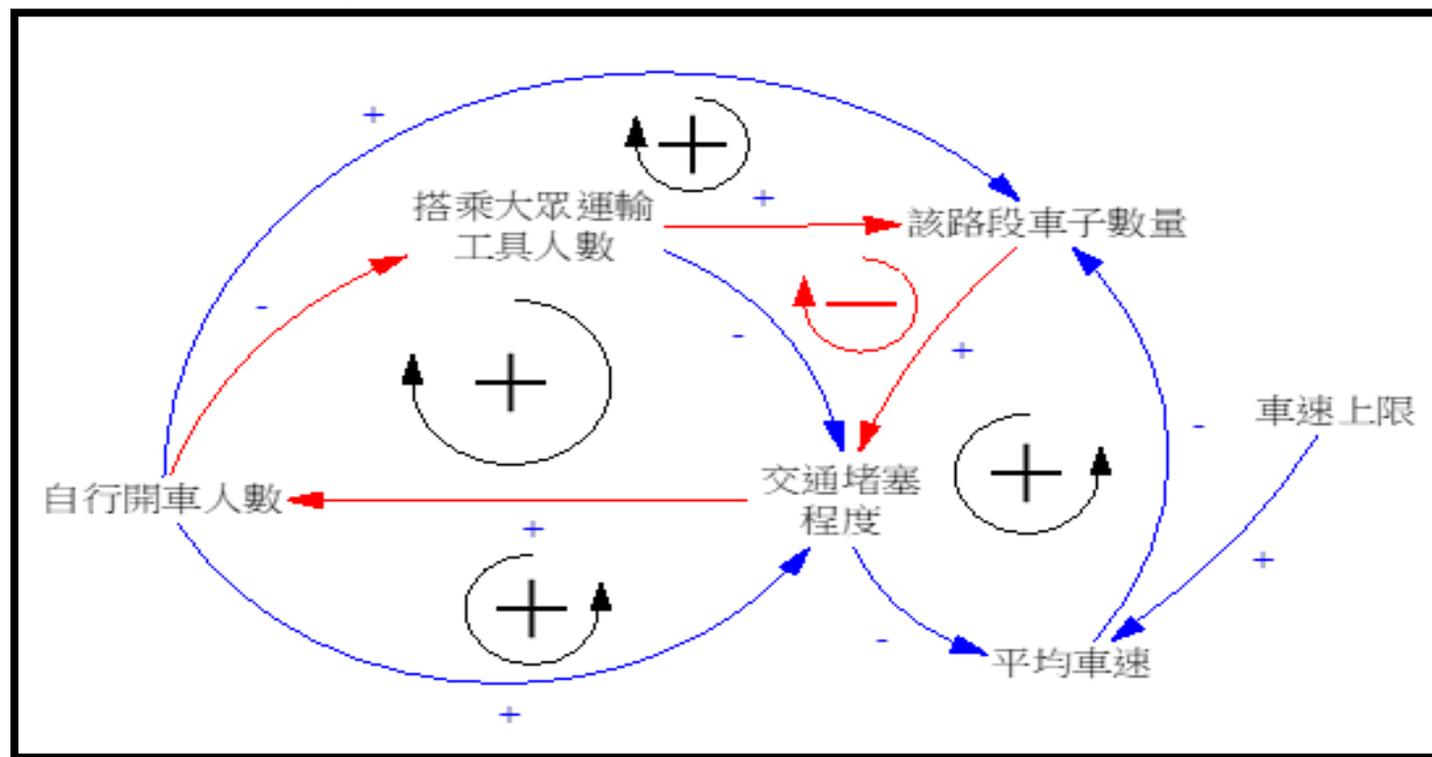
課程模組 2 試行分析

- **SDG13：氣候行動-交通堵塞導致空氣汙染物排放問題**
 - 使用系統基模：持續成長、飲鴆止渴
 - 探索議題：
SDG 13-氣候行動中「將氣候變化措施納入政策和規劃之中
 - 試行成果：以此教案針對1位學生進行小論文指導並成功獲獎
 - 將於暑假營隊試行教案

課程模組 2 試行分析

• SDG13: 氣候行動-交通堵塞導致空氣汙染物排放問題

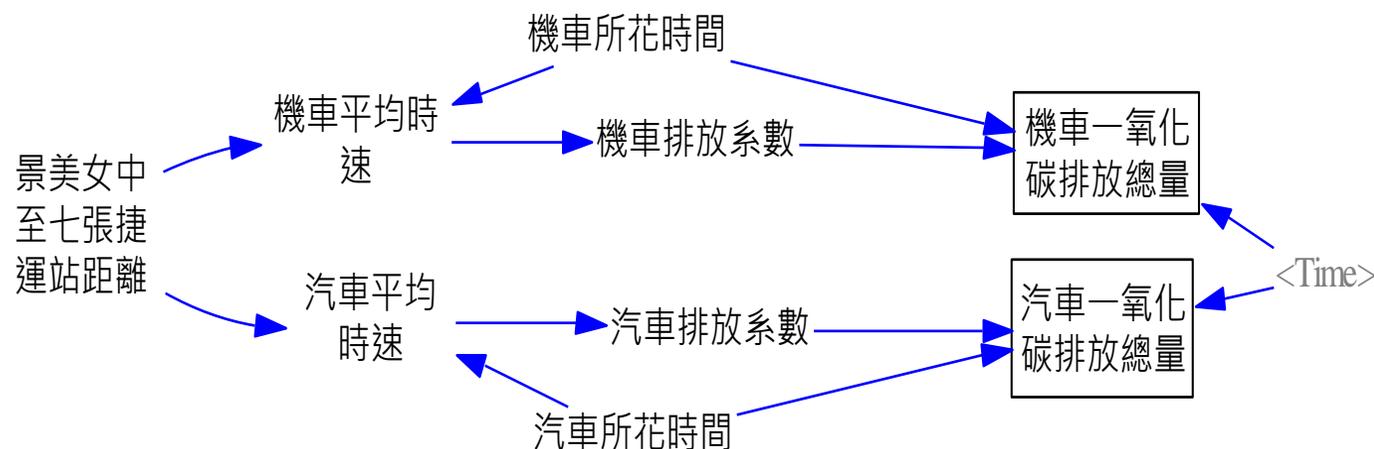
• 使用系統基模：持續成長、飲鴉止渴



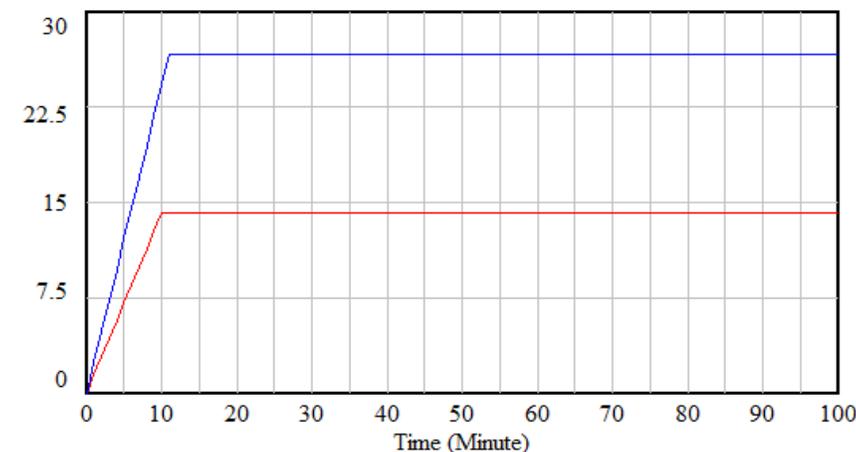
課程模組 2 試行分析

• SDG13: 氣候行動-交通堵塞導致空氣汙染物排放問題

- 學生成果: 以動態模擬探討交通堵塞導致空氣汙染物排放量問題-以景美女中至七張捷運的CO排放量為例 (工程技術類-甲等)



一台汽車和一台機車的一氧化碳排放量比較



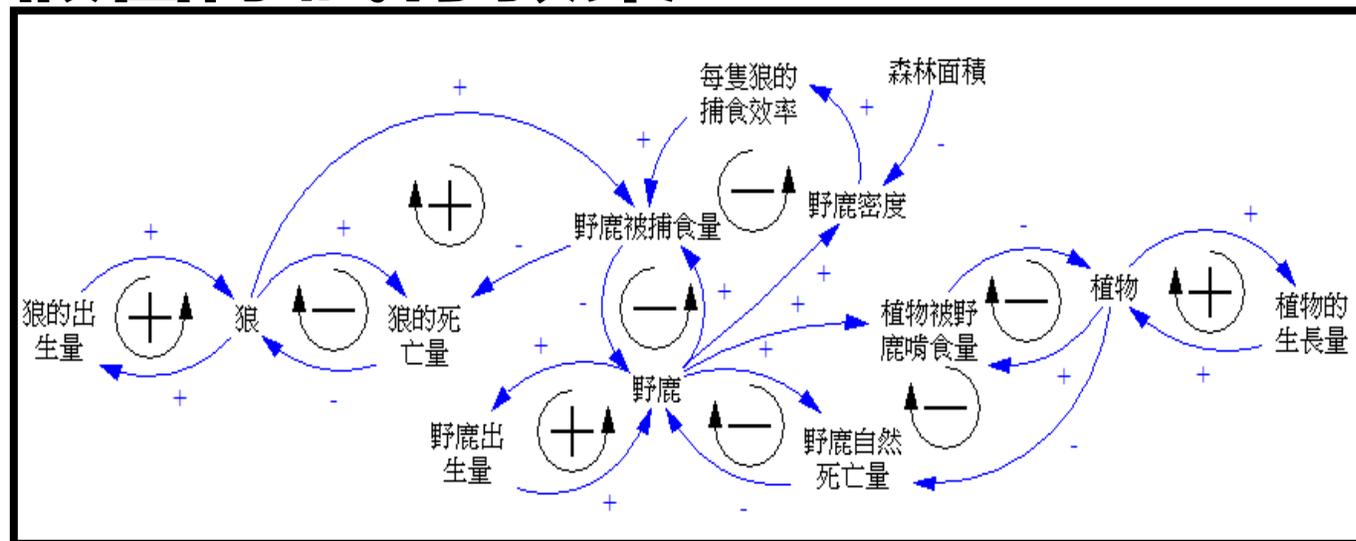
汽車一氧化碳排放總量: 機車9分 汽車10分
機車一氧化碳排放總量: 機車9分 汽車10分

課程模組 3 試行分析

- **SDG 14-保育海洋生態-以阿拉斯加為例**
 - 使用系統基模：成長上限、消長競爭
 - 探索議題：
SDG 14-保育海洋生態中「可持續捕撈、保護和恢復生態系統」
 - 將於暑假營隊試行教案

課程模組 4 試行分析

- **SDG 15：陸地生態-凱巴布森林的野鹿**
 - 使用系統基模：消長競爭
 - 探索議題：SDG 15-陸地生態中「保護生物多樣性和自然棲息地」
 - 將於暑假營隊試行教案



Copyright © 北市陽明高中

第一年成果(已完成)

- 建構可供中學推廣參用之科學實作探究教學教材教法。
- 指導學生撰寫研究報告及協助論文發表活動。
- 藉由營隊活動與工作坊推廣研發課程。

學生產出作品 1：

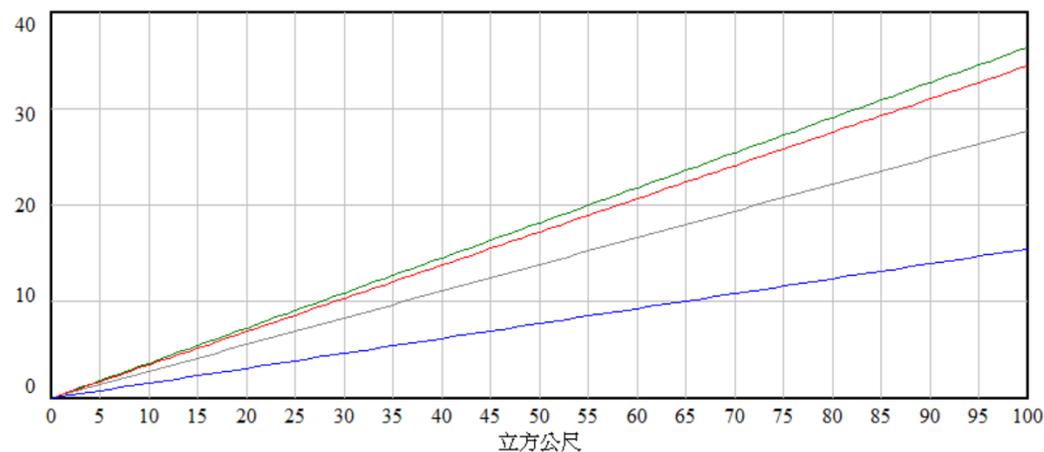
- **主題：台北捷運環狀線北環段建立前後的碳當量差異-以臺北市立陽明高中附近交通為例**
- **教案模組：SDG 13-氣候行動-交通堵塞導致空氣汙染物排放問題**
- **融入議題：SDG 13氣候行動**
- **結論：轉搭捷運的比例和剩餘克碳當量比例**

轉搭的比例	10%	20%	30%	40%	50%
捷運完工後之克碳當量除以完工前的克碳當量	0.9011	0.8022	0.7033	0.6044	0.5055

學生產出作品 2：

- **主題：以系統動力學探討台灣不同種的樹木固碳差異**
- **教案模組：SDG 15-陸地生態-凱巴布森林的野鹿**
- **融入議題：SDG 15陸地生態**
- **結論：台灣杉、台灣肖楠、相思樹及台灣櫟的固碳能力探討**

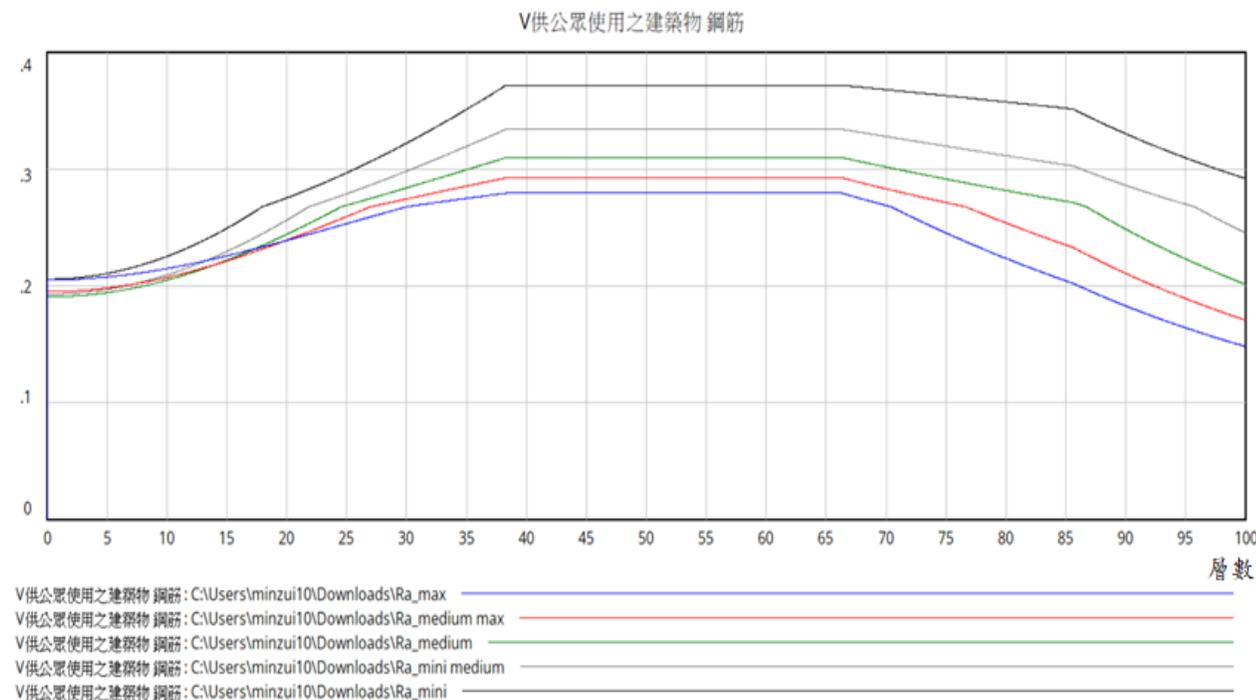
探討4種樹木在一樣材積的討論



台灣杉固碳量：探討4種樹木在一樣材積的討論
台灣櫟固碳量：探討4種樹木在一樣材積的討論
相思樹固碳量：探討4種樹木在一樣材積的討論
台灣肖楠固碳量：探討4種樹木在一樣材積的討論

學生產出作品 3：

- **主題：以動態模擬探討建材與設計地震力之關聯-以花蓮地區建築物為例**
- **教案模組：SDG 11-永續城鄉-直轄市的建立與城鄉差距的問題**
- **融入議題：SDG 11-永續城鄉(透過研究建材與設計的關聯，有助於提升建築物的抗災能力)**
- **成果：公眾建築物在鋼構造建築物(鋼筋)最小設計水平總橫力 (V) 的比較**

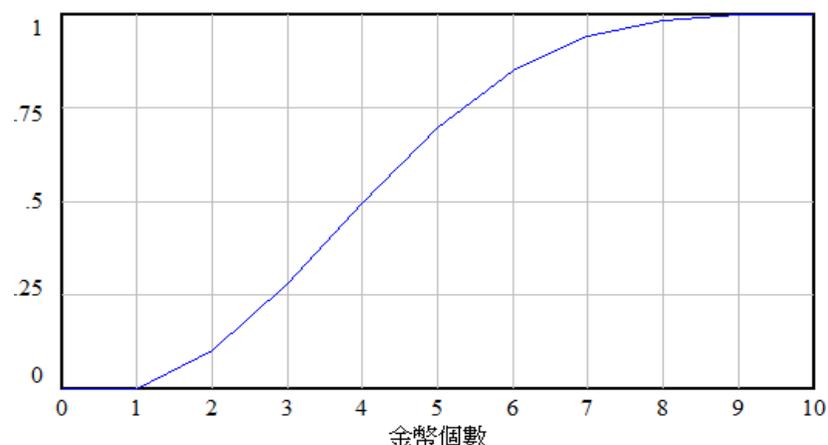
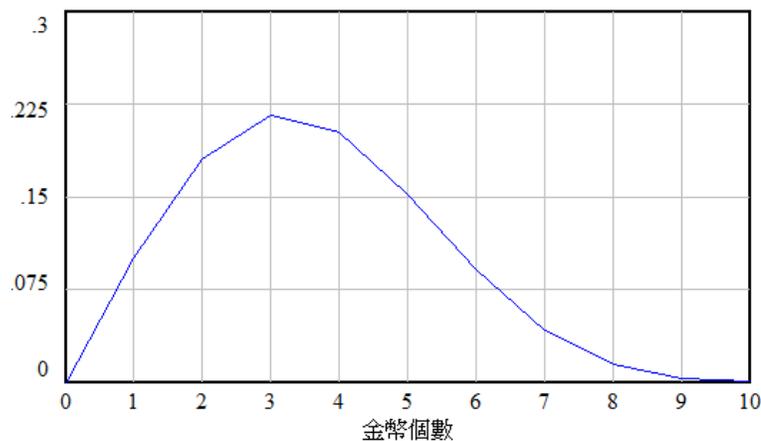


學生產出作品 4：

- **主題：以風險函數探討海盜賽局的動態模擬**
- 融入議題：SDG 17建立多元夥伴關係，協力促進永續願景
- 風險函數模型

海盜賽局規則中有 $(n - 1)$ 個海盜、1個船長、 k 個金幣，若每個海盜希望分配的金幣數量若大於 $\left[\frac{k}{n}\right]$ 個時，則將導致所有金幣皆給船長(海盜並不知道金幣有幾個)，因此假設 $h(t) = \frac{t}{\left[\frac{k}{n}\right]}$ 表在分配金幣個數為 t 個時的風險函數，假設其模型為：

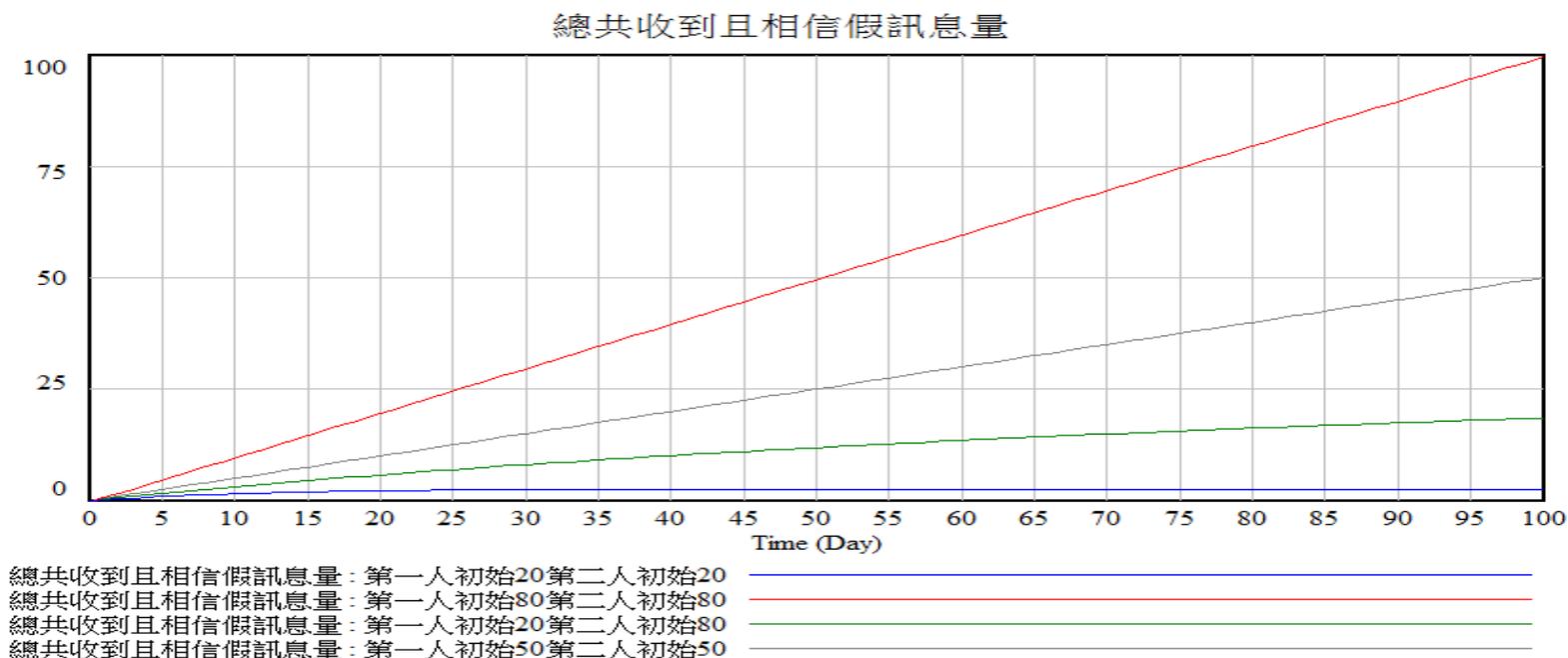
$$P(X = t) = \left[\frac{n}{k}\right] t \prod_{i=0}^{t-1} \left(1 - \left[\frac{n}{k}\right] t\right), i = 1, 2, \dots, \left[\frac{k}{n}\right], [\cdot] \text{為高斯函數}$$



10人海盜賽局的機率質量函數圖及機率累積函數圖

學生產出作品 5：

- **主題：假訊息傳播速度的動態建模與抑制策略**
- **融入議題：SDG 16促進和平多元的社會，確保司法平等，建立具公信力且廣納民意的體系**
- **成果：以2人總共收到假消息的數量進行模擬，依照不同人信任他人程度進行分類。**



學生產出作品 6 :

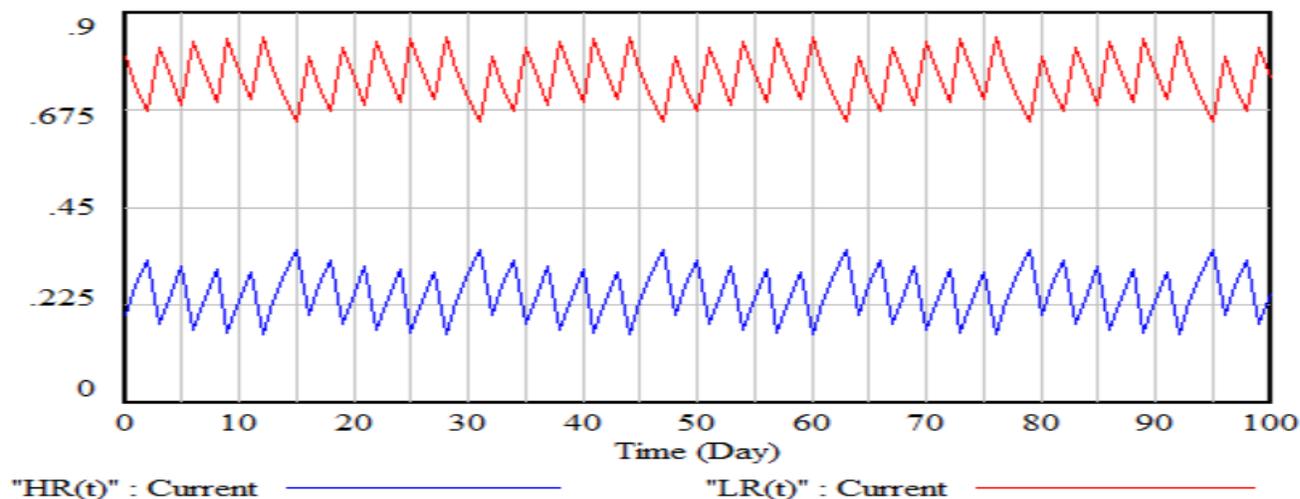
- **主題：以基本風險評估模型探討資訊安全在不同企業管理的風險變化**
- **融入議題：SDG 16促進和平多元的社會，確保司法平等，建立具公信力且廣納民意的體系**
- **模型**

$$\frac{dLR(t)}{dt} = -\alpha LR(t) + \beta HR(t) + \gamma M(t), \quad \frac{dHR(t)}{dt} = \alpha LR(t) - \beta HR(t) - \gamma M(t),$$

其中 $M(t) = \begin{cases} 1, & \text{if } HR(t) \geq \delta \\ 0, & \text{if } HR(t) < \delta \end{cases}$ $LR(t)$ 為低風險事件在時間 t 時的比例、 $HR(t)$ 為高風險事件在時間 t 時的比例、 $M(t)$ 為在時間 t 時的指標函數(若 $HR(t) \geq \delta$ 則為 1、反之則為 0)、 $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ 為各函數的參數。

$$Impact(t) = LR(t) \cdot I_{LR} + HR(t) \cdot I_{HR},$$

$Impact(t)$ 為在時間 t 時風險事件的影響量化數值、 I_{LR} 表低風險事件影響的量化數值、 I_{HR} 表高風險事件影響的量化數值。



基本風險評估模型積流圖所模擬結果
($\alpha = 0.1, \beta = 0.05, \gamma = 0.2, \delta = 0.3$)

試行學生回饋意見

- 1.好難。
- 2.學得很開心。
- 3.雖然講更多可能會有負擔，但希望能聽更多關於理論的概念。
- 4.有點難
- 5.整體而言還可以，不過小論文有點麻煩。
- 6.我覺得這門課能讓我們有去思考的空間。
- 7.學習到新知識，讚！
- 8.比較需要費腦筋的
- 9.我覺得，麥克風是時候升級了。
- 10.可以不要寫小論文嗎？
- 11.老師很讚。
- 12.謝謝老師的指導。
- 13.老師蠻用心的。
- 14.謝謝。
- 15.就是可能有時候作業的期限要延長一下，學校的電腦不知道怎麼截圖，放學可能有補習導致能寫作業的時間並不多。
- 16.謝謝老師，但有時候講得太快了，比如作圖的時候。
- 17.老師很細心，直播式很新奇。
- 18.課程完美，不過通訊軟體穩定性不太好。
- 19.網路加油不要斷線。
- 20.很有趣。

- 1.謝謝老師。
- 2.謝謝老師的細心指導。
- 3.原本以為進來是做物理，但是是接觸一個對未來報告非常有用的思考邏輯以及基模。
- 4.讓我更有邏輯性的去思考事物。
- 5.課程進度、作業等各個地方都安排妥當。
- 6.覺得還算有趣，課程也是有學習到東西，對學習歷程也有幫助。
- 7.感謝老師的教導。
- 8.很棒，對我大學申請很有優勢。
- 9.很充實，讓我們有更全面的思考
- 10.介面英文還是好痛苦。
- 11.報告太難了。
- 12.合作很重要。
- 13.我覺得雖然動力學教的不常用，但它讓我了解整體事件的整理以及分析。
- 14 還好，但就是有點太難了。
- 15.系統動力學對我來說很複雜、深奧。
- 16.希望能有更多軟體使用方面的教學。
- 17.內容非常有幫助，在日後大學相關課程可以有幫助，雖然還是對軟體沒有非常熟悉，相信日後接觸到統計或是資料分析的課程，可以有許多的幫助。
- 18.對我升學很有幫助。
- 19.積流圖雖然複雜且困難，但其實非常實用，未來工作或者大學時也可以利用 *vensien* 來做模擬。
- 20.雖然一開始很難理解但是還是有學到一些基礎。
- 21.我覺得頗累。
- 22.很喜歡這堂課 學到會用到的研究方法。
- 23.沒有很棒。

第二年進度

- 本計畫透過『環境生態之科學建模課程模組』課程研發，對於不同屬性班級（國中、高中、實驗班）進行教學實驗，了解教材的實際效益，**精緻化教材。**
- **採用準實驗設計之不相等組前測後測設計**，以進行前測、教學實驗、以及後測。
- 教學活動評量兼顧形成性評量及總結性評量，主要以「**課堂參與**」、「**完成作品**」、「**實際操作**」和「**成果發表**」作為評量依據，強調學生認知、情意及技能三部分的學習

THANK YOU