



嶺東科技大學  
LING TUNG UNIVERSITY

資訊管理系

## 智慧垃圾分類系統

指導教授：馮曼琳 教授

組員名單：蔡依宸 B18B001

柯俞甄 B18B002

江心芳 B18B028

蔡雅蓁 B18B029

中 華 民 國 1 1 5 年 0 5 月



嶺東科技大學  
LING TUNG UNIVERSITY

資訊管理系專題口試委員審定書

## 智慧垃圾分類系統

指導教授：馮曼琳 教授  
組員名單：蔡依宸 B18B001  
柯俞甄 B18B002  
江心芳 B18B028  
蔡雅蓁 B18B029

指導教授：馮曼琳  
口試委員：林壽  
陳元

中華民國 1 1 5 年 0 5 月

## 謝 誌

本專題報告得以順利完成，首先要感謝恩師馮曼琳老師細心引導我們，耐心的協助我們，克服研究過程中所面臨的困難，給予我們最大的協助，使本專題得以順利完成。

研究報告口試期間，感謝陳元瓊老師、林素穗老師不辭辛勞細心審閱，不僅給予我們指導，並且提供寶貴的建議，使我們的專題內容以更臻完善，在此由衷的感謝。

最後，感謝系上諸位老師在各學科領域的熱心指導，增進商業管理知識範疇，在此一併致上最高謝意。

蔡依宸

柯俞甄

江心芳

蔡雅蓁

謹誌

中華民國115年05月於嶺東

# 摘要

本專題的目標是打造一套「智慧垃圾分類系統」，讓使用者只要透過瀏覽器，就能即時完成垃圾影像辨識。系統採用 Google Teachable Machine 訓練模型，並以 TensorFlow.js 在前端運行，模型能直接在使用者裝置上執行，不需要依靠後端伺服器，速度快也能避免影像上傳造成的隱私問題。

在資料建立方面，我們結合自拍照片與 Kaggle 的公開資料集，整理出多樣化的訓練影像，提高模型在不同情況下的辨識穩定度。我們建立的模型可辨識七種常見垃圾的類別，測試平均準確率約 85% 以上。前端以 HTML、CSS 和 JavaScript 開發，透過瀏覽器內建功能啟動裝置鏡頭，並擷取即時影像進行辨識，再交由 TensorFlow.js 即時判斷分類結果，系統會顯示分類類別。

為了提升使用者的學習效果與互動性，系統也加入了垃圾分類小遊戲、動畫呈現以及分類知識與垃圾減量內容，讓使用者在操作過程中不僅能進行辨識，也能透過不同方式學習相關觀念。像是透過遊戲可以實際練習分類，動畫則用情境呈現讓內容更好理解，而知識頁面則提供簡單的重點說明與日常減量建議。整體來說，讓系統不只是單純的工具，也能讓使用者在使用的同時慢慢了解垃圾分類的重要性，並培養基本的環保習慣。

關鍵字：人工智慧、影像辨識、環境保護、智慧垃圾分類

# 目 錄

摘 要.....	I
目 錄.....	II
表目錄.....	IV
圖目錄.....	V
第壹章 緒論.....	1
1.1 研究動機.....	1
1.2 研究目的.....	1
第貳章 文獻回顧與探討.....	3
2.1 垃圾分類現況與智慧化發展.....	3
2.2 各縣市分類差異.....	3
2.3 垃圾分類制度與類別介紹.....	5
2.4 校園教育與 AI 互動學習的整合潛力.....	6
2.5 影像辨識模型.....	7
2.6 互動遊戲製作.....	7
2.7 環保動畫製作.....	9
第參章 研究方法.....	11
3.1 研究步驟.....	11
3.2 甘特圖.....	14
3.3 系統架構圖.....	15
3.4 系統開發資源與應用工具.....	16
第肆章 系統分析與設計.....	18
4.1 影像辨識系統.....	18
4.1.1 使用者介面.....	18
4.1.2 AI 辨識模型訓練.....	19
4.1.3 結果顯示.....	20
4.1.4 系統功能說明.....	21
4.1.5 辨識技術流程.....	21
4.1.6 辨識系統操作流程圖.....	22
4.1.7 辨識系統畫面.....	23
4.2 垃圾知識推廣.....	25
4.3 互動遊戲成果.....	27
4.3.1 垃圾分類挑戰.....	28
4.3.2 一個垃圾兩個世界.....	28
4.4 環保動畫成果.....	30
4.4.1 Garden the earth with us.....	31
4.4.2 The last phantom: a turtle's tale.....	33

4.4.3 The disappearing trash monster.....	37
4.4.4 Recycle squad the core hunter.....	40
4.4.5 Sparky's mission an eco miracle.....	44
第伍章 結論與未來展望.....	49
參考文獻.....	50

## 表目錄

表 2.1 台灣六都分類差異表.....	3
表 2.2 一般垃圾表.....	5
表 2.3 資源回收分類表.....	5
表 3.1 系統開發工具一覽表.....	16

## 圖目錄

圖 3.1 研究流程圖.....	14
圖 3.2 甘特圖.....	14
圖 3.3 系統架構圖.....	15
圖 4.1 GitHub Pages 網站檔案結構.....	18
圖 4.2 Teachable Machine 模型訓練畫面.....	19
圖 4.3 Teachable Machine 模型訓練畫面.....	20
圖 4.4 Teachable Machine 訓練後匯出 Tensorflow.js 檔.....	20
圖 4.5 辨識系統操作流程圖.....	22
圖 4.6 辨識系統首頁.....	23
圖 4.7 詢問取用相機權限.....	23
圖 4.8 允許使用相機.....	23
圖 4.9 拒絕取用相機.....	24
圖 4.10 無法開啟拍照視窗.....	24
圖 4.11 塑膠類辨識成功.....	24
圖 4.12 紙類辨識成功.....	24
圖 4.13 紙餐具辨識成功.....	24
圖 4.14 玻璃類辨識成功.....	25
圖 4.15 金屬類辨識成功.....	25
圖 4.16 一般垃圾辨識成功.....	25
圖 4.17 有害垃圾辨識成功.....	25
圖 4.18 垃圾知識推廣選單區.....	26
圖 4.19 垃圾分類小知識畫面.....	26
圖 4.20 垃圾減量 TIPS 畫面.....	27
圖 4.21 懶人包圖示放大畫面.....	27
圖 4.22 互動戲選單區畫面.....	27
圖 4.23 垃圾分類挑戰遊戲畫面.....	28
圖 4.24 一個垃圾兩個世界遊戲製作畫面.....	29
圖 4.25 問答遊戲畫面.....	30
圖 4.26 問答正確畫面.....	30
圖 4.27 問答錯誤畫面.....	30
圖 4.28 動畫選單區畫面.....	30
圖 4.29 動畫選單區畫面.....	30
圖 4.30 環保動畫畫面.....	33
圖 4.31 環保動畫畫面.....	33
圖 4.32 環保動畫畫面.....	37
圖 4.33 環保動畫畫面.....	37
圖 4.34 環保動畫畫面.....	40
圖 4.35 環保動畫畫面.....	40

圖4.36 環保動畫畫面 .....	43
圖4.37 環保動畫畫面 .....	43
圖4.38 環保動畫畫面 .....	48
圖4.39 環保動畫畫面 .....	48
圖4.40 系統 QRCode.....	49

# 第壹章 緒論

## 1.1 研究動機

隨著消費模式改變與生活型態轉變，垃圾產生量逐年增加，資源回收與廢棄物管理已成為國內需面對的環境挑戰。雖然政府積極推動垃圾分類政策，並透過宣導與規範要求民眾配合，但在日常生活中仍普遍存在分類錯誤的情況。例如紙餐盒上有油漬、飲料杯未拆分材質等，這些都會造成回收困難，也增加清潔人員的工作負擔，降低整體回收效率與環境效益。根據環保署統計，2022年全台一般廢棄物總量達1,123萬公噸，其中一般垃圾佔42.7%、資源垃圾佔52.9%、廚餘佔4.3%[1]，顯示垃圾量持續增加，資源回收潛力尚未完全發揮。

在國際上，日本早於1970年頒布《廢棄物處理法》，要求垃圾必需分類、回收與妥善處置[2]，德國則透過《閉鎖物質循環廢棄物管理法》等制度，將源頭分類與資源循環納入法規核心[3]，並透過教育強化民眾環保意識，形成高度社會共識。國內雖逐步推行垃圾分類與資源回收，在校園、超商或公共場所設置了不同圖示與文字說明的回收桶，使用者仍可能對分類細節理解仍有限，也因不確定材質或趕時間而隨意丟棄。久而久之，即使垃圾被分類投放，也可能在後端被重新混合處理，導致分類成效不彰，可能僅依靠傳統宣導與人力管理，仍難以徹底改善分類正確性。

隨著AI人工智慧與影像辨識技術的發展，希望透過機器學習與深度學習模型，系統能自動辨識不同垃圾種類，並即時提供分類建議，不僅降低誤分類率，也能減少人力成本，提高資源回收效率。因此，本研究開發一套「智慧垃圾分類系統」，結合影像辨識技術與簡單易用的網站介面，讓使用者只需透過相機拍攝垃圾，即可自動判斷其類別並給出正確回收建議。這種方式不僅能提升垃圾分類的準確性，也希望能提高使用者的參與意願，進一步促進校園與社區的環保行動。同時，我們也希望透過這個專題，從資料蒐集、模型訓練到介面設計，實際體驗人工智慧應用在生活中的完整流程，將技術轉化為日常生活中的實際幫助。並推廣環保教育，提升社會大眾對環境保護的認知與實踐力。

## 1.2 研究目的

本研究希望設計一套智慧垃圾分類系統，結合科技與環保教育，提供操作簡單的使用方式，讓使用者在使用過程中自然學習垃圾分類知識，慢慢養成良好的環保習慣。透過網站設計，使用者只要打開瀏覽器就能操作，不需要安裝任何程式，降低學習門檻，也方便更多人使用。系統可以透過拍照辨識垃圾，並給出簡單明確的分類建議，避免使用者因垃圾外觀相似或材質複合而困惑。同時，結合即時回饋機制，讓使用者在操作過程中能立即獲得結果與提示，提升整體使用體驗。

除了基本的辨識功能外，本系統也加入垃圾知識推廣、互動遊戲與環保動畫等內容，讓系統不只是工具，也具備學習與宣導的功能。透過分類小知識與垃圾減量TIPS，讓使用者可以進一步了解正確的分類方式與減量觀念；透過互動遊戲，讓使用者在操作中練習分類並加深印象；而環保動畫則透過情境與故事呈現，讓使用者更容易理解垃圾對環境的影響，提升整體的環保意識。

這套系統希望能在生活、校園或社區中使用，帮助大家養成良好的環保習慣，不僅提升回收效率，也讓環保行動更容易融入日常生活中。具體目的包括：

1. 智慧辨識與分類：透過拍照自動判斷垃圾種類，包括可回收物和一般垃圾，降低分類錯誤，並提供明確建議。
2. 即時回應：在丟垃圾的過程中提供回饋與操作指引，幫助使用者做出正確判斷，同時也能作為環保教育的輔助工具。
3. 垃圾知識推廣：透過分類小知識與垃圾減量內容，讓使用者了解正確分類方式與減少垃圾產生的方法，提升環保觀念。
4. 互動學習體驗：透過遊戲設計讓使用者在操作中練習分類，增加學習的趣味性與參與感，使內容更容易記住。
5. 環境意識提升：透過動畫呈現垃圾對環境的影響，讓使用者從情境中理解環保的重要性，加深印象。
6. 回收物品質提升：正確分類可保持回收物完整性，提高再利用價值，減少因污染而被銷毀的情況，也降低後端清理成本。
7. 長期社會效益：讓使用者養成正確的垃圾分類習慣，提升整體環保意識，對減少環境負擔與資源浪費有長期正面影響。

# 第貳章 文獻回顧與探討

## 2.1 垃圾分類現況與智慧化發展

近年來，隨著環保意識提升，各國政府與企業皆積極推行垃圾分類制度。然而，在實際執行上仍存在許多困難。多數公共垃圾桶僅張貼靜態分類圖示，當民眾面對不易判斷的垃圾時，常因缺乏即時指引與回饋而選擇隨手丟棄，久而久之養成不分類或亂分類的習慣。根據《社企流》的報導，RE-THINK 團隊於新北市耶誕城進行垃圾桶改造實驗，透過設計具有互動提示功能與明確標示的裝置，使分類正確率從 26.7% 提升至 53.1%，分類意願也從不到五成提升至近九成。該研究指出，若垃圾桶能結合互動提示與教育功能，能顯著提升民眾的分類準確率與環保參與度[4]。

除互動設計外，AI 人工智慧的發展也使垃圾分類邁向自動化。根據《科技新報》報導，美國新創公司 CleanRobotics 推出的智慧垃圾桶「TrashBot」，結合 AI、影像辨識與機器人技術，可自動辨識超過 110 種垃圾類型，分類準確率高達 90%，遠高於人工約 30% 的正確率。TrashBot 不僅能判斷垃圾種類（如回收、廚餘或一般垃圾），還能即時偵測液體是否需排除。系統同時連接雲端平台，能監控垃圾桶容量並通知清潔人員，有效提升管理效率與環保成效[5]。研究指出，該系統已協助企業減少約 50% 的垃圾處理成本，並降低超過 1,000 公噸的二氧化碳排放量。

除了歐美市場外，智慧分類設備也逐漸拓展至亞太地區。例如台灣的新創公司「皓揚環境科技」推出的 iTrash 智慧回收整合站，提供 24 小時自動垃圾投放與資源回收服務，讓民眾能更便利地落實分類行為[6]。

這些案例顯示，智慧垃圾分類技術正逐漸從企業場域走向民生應用，透過結合 AI、互動介面與雲端監控，改善傳統分類困境，並促進永續發展目標的實現。

## 2.2 各縣市分類差異

為了解不同縣市垃圾分類政策的差異與執行重點，本研究整理了臺北市、新北市、桃園市、臺中市、台南市及高雄等主要城市的分類制度進行比較。

雖然各地皆依據《廢棄物清理法》推動資源回收政策，但在分類架構、執行方式與細緻程度上仍有差異。相關內容彙整如下表 2.1 所示。

表 2.1 台灣六都分類差異表

項目	台中市	台北市	新北市	桃園市	台南市	高雄市
分類標準	資源垃圾、一般垃圾、廚餘	細化分類，包括紙類、塑膠、金屬、玻璃等	細化分類，尤其強調廚餘處理	資源垃圾、一般垃圾、廚餘	垃圾分為一般垃圾、資源垃圾與廚餘，未分類可處罰鍰。	廣泛分類，偏重回收方便性
回收物品分類	紙類、塑膠、金屬	紙類需去除非紙質	嚴格要求，塑膠	紙類、金屬、塑膠	紙類、金屬、玻璃	回收物品類別簡

	等基本分類，簡單清潔即可	物品，金屬需清洗後回收	按材質分類，紙類清潔	膠、容器類等項目，依公告分類即可回收。	璃、紙容器與電池等依公告分類回收。	單，注重便捷回收
特殊回收項目	家電、大型垃圾需預約回收	電子垃圾、電池、燈管等特殊垃圾有回收站	農藥容器、家電需預約回收	推動廚餘全回收，強調可回收與不可回收廚餘的分類。	推行電子廢棄物與環保杯租借等源頭減量措施。	部分家電、電子垃圾需預約回收
回收積分或激勵措施	無積分回收	積分回收制度，提供回收獎勵或折扣	無積分制，主要靠回收車和回收站	設置廢電池、瓦斯罐專區回收日，無一般積分制度。	提供弱勢族群回收補貼，提升回收參與度。	無積分制度，注重回收便捷性
資源回收站設置	定期回收點，回收車週期較長	多數區域設有回收站，回收頻率高	設置回收站，部分區域有專門設施	提供資源回收車與回收點，供民眾依材質分類投放。	設置回收點與破袋分選設備，提升後端分類效率。	定期回收點，設有流動回收車
大型家電回收	須預約回收，回收車上門收取	提供多個回收點及回收服務	須預約回收，提供回收車	配合市府公告時間地點進行大型家電回收。	大型家電可免費回收，依清潔隊公告排出。	可於回收車或指定回收點交回
再利用促進	主要依靠回收物品的分類與處理	強調資源再利用，鼓勵二手物品回收交換	鼓勵市民將可重用物品捐贈或交換	依中央政策推動再利用措施，無額外地方制度。	推動二手物交換、環保杯租借等再利用政策。	提供簡便的二手物品回收服務

從表中可見，北部地區在垃圾分類的細緻度與配套措施上較為完善，強調分類清潔度、教育宣導與政策誘因；而中部地區則以參與便利性為主，重視居民配合度與操作簡易性；南部地區則採取彈性與鼓勵性措施，以推動資源回收為主要目標。

本研究以臺中市的分類架構為基礎進行系統設計，但為了配合影像辨識模型的準確度與教育推廣需求，進一步在系統中將資源垃圾細分為紙類、塑膠類、金屬類、玻璃類及紙餐具等項目。此細分類方式並非取代臺中市政府的現行規範，而是作為智慧辨識與教育輔助的延伸應用。

透過更明確的分類提示，如資源回收－塑膠類，讓使用者能更清楚了解各材質的特性與正確處理方式，進而提升分類正確率、促進資源回收與環保教育成效。

## 2.3 垃圾分類制度與類別介紹

以下表格依據臺中市政府的資源回收規定進行整理，將日常生活中的垃圾區分為資源垃圾與一般垃圾兩大類，並在資源垃圾中進一步細分為紙類、金屬、塑膠、玻璃、電子產品及紙餐具等項目。此分類方式可讓民眾更清楚辨識各種垃圾的性質與處理方式，進而提升回收的正確性與效率。

針對每一類別，表中均說明哪些物品可回收、哪些不可回收，並提供簡單明確的處理原則。例如：紙類需保持乾燥及乾淨；金屬容器需清洗乾淨；塑膠瓶與容器須清空殘留液體並去除瓶蓋及壓扁；玻璃瓶需依顏色分類並注意破損安全；紙餐具則需清潔且無明顯油污，方能回收利用。

透過此分類方式，民眾能在日常生活中更方便地進行垃圾分類，避免不可回收物混入而影響整體回收效率。特別是電子產品及電池等特殊廢棄物，須依規定交由指定回收點或專業回收業者處理，以確保環境安全並防止有害物質污染土壤與水源。

本研究依照臺中市政府的分類規範，選取其中幾個最常見的垃圾類別作為模型訓練基礎。系統將透過影像辨識技術，協助使用者辨別垃圾種類並提供即時分類建議。期望透過正確分類與教育推廣，使民眾在生活中養成良好的回收習慣，進一步推動資源循環再利用，減少環境負擔，並為永續、友善的生活環境盡一份心力[7]。相關內容彙整如下表2.2及2.3所示。

表 2.2 一般垃圾表

類別	範例項目	處理建議
衛生用品	面紙、尿布、衛生棉、棉花棒	裝袋丟入一般垃圾
煙蒂/口香糖	小型廢棄物	不可分類，直接丟一般垃圾
破損文具	鉛筆、橡皮擦、筆芯	無法再利用者丟一般垃圾
污染紙張	衛生紙、油漬紙、貼紙	不可回收，丟一般垃圾

表 2.3 資源回收分類表

類別	可回收項目	處理原則
紙類	廢紙、紙箱、報紙、雜誌、紙袋、牛皮紙袋	保持乾淨、平整，與一般垃圾分開收集
紙餐具	紙杯、紙碗、紙餐盤、紙餐盒（含內盒）等	保持乾燥清潔、去除殘渣與塑膜再回收。
金屬類	鐵、鋁罐、鐵片、金屬蓋、金屬餐具、小五金	清空內容物、避免與其他材質混合
塑膠類	寶特瓶、塑膠瓶、清潔劑瓶、塑膠袋、保鮮盒	清洗乾淨、壓扁節省空間

玻璃類	透明玻璃瓶、飲料瓶、酒瓶、罐頭瓶	按顏色分類（透明、棕、綠），小心處理破損品
資訊設備類	電腦、筆電、印表機、螢幕、鍵盤、滑鼠	資料清除後交專業回收商處理
電池類	乾電池、充電電池、手機鋰電池	分類收集，避免與其他垃圾混放

## 2.4 校園教育與 AI 互動學習的整合潛力

在台灣，關於垃圾分類與環保議題的研究相當豐富，學者們從教育推廣、政策執行到智慧科技應用等不同角度進行探討。在文獻中指出，透過環境教育的介入，能有效提升學生在分類知識與實際行為上的改變。研究顯示，學童在接受相關教學後，垃圾分類的正確率明顯提升，顯示教育在推動環保行為上具有關鍵作用[8]。這一結果也支持本研究系統中加入分類小知識提示功能的設計構想，讓使用者在互動過程中自然學習正確分類方式。透過遊戲化元素、即時回饋與小任務設計，學生不僅能夠理解垃圾分類的原則，更能在完成互動任務中體驗成就感，進而增強學習動機與環保意識。

另一方面，有研究開發出結合人工智慧與感測技術的智慧垃圾桶，能自動辨識並分類不同材質的垃圾[9]。該研究顯示，AI 技術能有效減少人工分類負擔，並提升回收效率，這與本研究使用影像辨識技術輔助分類的理念不謀而合。不同之處在於，本系統以網站端執行方式取代硬體設備，降低成本並提升使用普及性。學生或使用者只需透過電腦或平板即可操作系統，系統會即時提示分類結果，並提供正確或錯誤的回饋，讓學習過程更加自主與互動。這樣的設計也方便教師在課堂上進行分組競賽或課後作業，形成一種寓教於樂的學習環境。

大同大學工程學院團隊與台北市環保局合作，開發了垃圾包辨識小幫手 AI 系統，以提升違規丟棄垃圾行為的查緝效率。傳統上，環保人員需人工檢視約 72 小時的監視器影像，耗時約 6 小時。而 AI 系統能自動辨識違規行為，將相關片段整理至 Excel 檔案中，並附上時間戳與影片連結，大幅縮短查緝時間。自 2025 年 1 月試行以來，該系統準確率達 88%，能辨識大型垃圾包、車牌與紙箱等物品。預計於 4 月正式上路後，辨識速度與準確率將進一步提升，達 95%。此 AI 系統的導入，不僅提升了查緝效率，減少人力負擔，亦有助於維護市容整潔，展現人工智慧在環境保護領域的應用潛力[10]。雖然此系統主要應用於公共管理，但其技術概念也可延伸至校園環境教育中，例如透過影像辨識遊戲或模擬垃圾分類比賽，讓學生在虛擬互動中學習正確分類。

從以上文獻可見，過去的研究主要聚焦在教育推廣、政策管理以及智慧科技應用等方向。本研究的特色在於將人工智慧影像辨識技術與環保教育結合，透過互動式設計，引導使用者在日常生活中更容易落實正確的垃圾分類。這樣的方式不僅有助於提升分類的正確率，也能在潛移默化中培養民眾的環保意識。進一步而言，結合校園課程、線上互動平台與即時回饋機制，學生能在課堂內外都持續練習分類技能，並形成環保行為的長期習慣。透過這種教育與科技整合的方式，將有助於培養下一代對環境永續與資源循環的認知，從個人行動出發，逐步形成整體社會的環保文化。

## 2.5 影像辨識模型

在模型訓練上我們使用 Teachable Machine [11] 製作，這個軟體是 Google 推出的一個線上機器學習工具，讓沒有程式背景的人也能輕鬆接觸 AI。Teachable Machine 用圖形化介面把這些技術流程簡化，使用者只要準備好照片、聲音或姿勢資料，透過上傳影像資料就能完成模型訓練，幫助我們的專題可以快速建立可用的模型。

在模型技術方面，Teachable Machine 主要是建立在深度學習中的卷積神經網路（Convolutional Neural Network, CNN）架構之上，並採用預先訓練好的模型（Pre-trained Model）進行遷移學習。

這樣的方式不僅大幅降低模型訓練的門檻，也能在資料量有限的情況下，仍然達到不錯的辨識效果。同時，Teachable Machine 訓練完成後會將模型轉換為 TensorFlow.js 格式，使模型可以直接在網頁端執行，達到即時辨識的效果，符合本專題系統的需求。在功能方面，Teachable Machine 提供影像分類、音訊分類和姿勢偵測三種類型的模型，讓使用者可以依需求選擇。本研究使用的是影像分類功能，將蒐集到的垃圾照片依照類別整理後放入資料集進行訓練。訓練的過程中，系統會自動處理模型的學習細節，並提供即時測試功能，讓使用者可以快速確認模型是否有正確學習，並快速調整資料或類別的配置。

Teachable Machine 支援多種匯出方式，其中最常用的是 TensorFlow.js。透過這種方式，模型可以直接在瀏覽器中使用，不需要額外的伺服器或安裝軟體。本研究也是利用這項功能，把訓練好的垃圾分類模型整合到網頁系統中，讓使用者可以透過攝影機即時辨識垃圾類型，使整個系統更加直覺與方便。

模型內所需要的影像資料除了我們自行拍攝的影像外還加入了 Kaggle [12] 中三位創作者提供的影像資料，素材大約 1850 張我們自行拍攝約 700 張使用 Kaggle 資料集素材約 1150 張，Kaggle 是一個由 Google 維護的資料科學競賽與資料共享平台，提供大量的開放資料集與模型範例，常被運用於機器學習研究與專題開發。平台上的資料集涵蓋影像、文字、聲音等多種類型，且來源多元，能讓研究者依需求選擇適合的資料進行分析或訓練。

在影像辨識相關研究中，Kaggle 提供的公開影像資料能有效補足自建資料的不足，例如樣本量不平均、類別過少或拍攝條件有限等問題。透過結合 Kaggle 資料與自行拍攝圖片，可以提高模型訓練時的資料多樣性，使模型在不同光線、角度與背景下具備更好的判斷能力。

本研究在蒐集垃圾影像資料時，即透過 Kaggle 補充部分類別的影像資料，讓模型能接觸到更多不同型態的垃圾影像，提高辨識的完整性與準確率。藉由使用 Kaggle 的開放資源，不僅縮短資料蒐集時間，也讓模型訓練的品質更加穩定。

## 2.6 互動遊戲製作

互動遊戲是一種把操作跟學習結合在一起的方式，讓使用者可以透過實際操作來理解內容。跟單純閱讀或觀看比起來，互動遊戲在操作過程中會有即時回饋，比較不容易覺得無聊，也比較能加深印象，因此常被應用在教學或學習設計上。

在本專題的互動遊戲製作中，我們主要使用 Playreal [13]、Gazai AI [14] 以及網頁前端技術（HTML、CSS、JavaScript）作為開發工具，分別負責遊戲流程設計、圖片素材製作以及網頁遊戲開發。

在一個垃圾兩個世界這款遊戲中，我們使用 Playreal 作為主要開發工具。Playreal 是一個線上的互動平台，可以用來製作情境式遊戲或教學內容。它的操作方式有點像在做簡報，是透過一頁一頁設計內容，每一頁可以放文字、圖片或按鈕，再透過連結把不同頁面串接起來，形成完整的遊戲流程。在使用上不需要撰寫程式，主要是透過拖拉與設定完成，對於初學者來說較容易上手，也能快速做出基本的互動效果。

在製作遊戲時，我們會先規劃整個遊戲的流程，例如題目順序、答對或答錯之後的分支頁面，以及各關卡要呈現的內容。接著再逐頁建立畫面，並透過按鈕設定連結，讓使用者在點擊後可以跳轉到對應的結果畫面。Playreal 也提供選擇題、提示與條件判斷等功能，讓遊戲可以依照使用者的操作產生不同回饋，增加整體互動性。

Playreal 的優點是可以很直觀地設計遊戲流程，不需要複雜的程式邏輯，就能做出有分支的互動內容。例如在本專題中，我們利用不同頁面來設計答對與答錯兩種情境，並透過畫面與說明讓使用者了解結果的差異。這樣的設計不僅讓遊戲更有變化，也能讓學習效果更明顯。

製作時，我們也發現 Playreal 在操作上雖然簡單，但仍需要事先規劃好整體流程，否則在頁面數量變多時，連結關係會變得比較複雜。因此在製作前會先畫出簡單的流程架構，確認每個頁面的連接方式，再進行實際製作，讓整個遊戲流程比較清楚。

Playreal 也可以在頁面中加入圖片與文字說明，因此我們可以將垃圾分類的知識內容直接結合在遊戲中，讓使用者在操作的同時也能學習相關知識。整體來說，Playreal 在本專題中主要負責遊戲的流程設計與互動呈現，是完成情境式遊戲的重要工具。

在圖片素材的部分，我們使用 Gazai AI 來輔助製作。Gazai AI 是一種生成式 AI，可以透過輸入文字描述來產生不同風格的圖像，例如垃圾分類場景或教學插圖。在使用時，我們會先依照遊戲需求撰寫簡單的描述內容，例如垃圾種類或畫面情境，再讓系統生成圖片，之後再從中挑選合適的素材套用到遊戲中。

相較於傳統需要自己繪製圖片或上網搜尋素材，使用 Gazai AI 可以節省不少時間，也讓素材取得更有彈性。當需要不同情境或不同類型的圖片時，只要稍微調整描述內容，就可以產生多種版本，讓整體畫面看起來更豐富。

不過在使用過程中，我們也發現生成的圖片不一定每次都完全符合需求，因此有時需要多試幾次，或是調整提示內容，才能得到比較理想的結果。透過這樣反覆測試的過程，也讓我們更熟悉生成式 AI 的使用方式。

Gazai AI 在本專題中主要用來協助圖片素材的製作，不僅提升了製作效率，也讓遊戲畫面更加多元，對整體設計有很大的幫助。

在垃圾分類挑戰這款遊戲中，我們則是使用 HTML、CSS 與 JavaScript 進行開發，並部署於 GitHub Pages [15] 上。HTML 主要負責畫面結構，CSS 用來設計版面與視覺效果，而 JavaScript 則負責遊戲的邏輯控制，例如判斷答案是否正確、計算剩餘題目以及控制關卡流程。透過這三種技術的搭配，可以完成基本的互動功能，並讓遊戲能在瀏覽器中直接運行。

本專題透過不同工具的搭配使用，完成了兩種形式的互動遊戲設計。Playreal 主要用來製作情境式與分支互動的遊戲內容，Gazai AI 負責圖片素材的生成，而 HTML、CSS 與 JavaScript 則用來開發網頁型互動遊戲。透過這些工具的應用，不僅提升了開發效率，也讓整體遊戲內容更加完整與多元。

## 2.7 環保動畫製作

動畫是結合影像與情境呈現的數位內容形式，透過畫面變化與故事內容，可以讓原本較抽象的概念變得更具體，也更容易被理解。相較於純文字或靜態圖片，動畫在視覺上更具有吸引力，也比較容易讓使用者投入其中。本專題除了提供垃圾辨識與互動遊戲功能外，也透過動畫方式呈現相關內容，讓整體系統在功能之外，也多了一種較為直觀的呈現方式。

在動畫製作方面，本專題使用 Google Flow [16] 作為主要工具。Google Flow 是 Google 推出的 AI 影片生成平台，可以透過輸入文字描述或圖片來產生對應的動畫內容。相較於傳統需要手動繪製或逐格製作動畫的方式，Google Flow 可以直接透過 AI 自動生成畫面，大幅降低製作門檻，對於沒有動畫製作經驗的使用者來說也比較容易上手。

在製作時，我們會先針對想要呈現的主題撰寫簡單的劇情腳本與提示詞，例如角色動作、場景內容或畫面氛圍，再將這些內容輸入至系統中，讓 AI 自動生成對應的影片畫面。透過這樣的方式，可以在不需要專業動畫製作技術的情況下，快速產生動畫素材，也讓原本比較抽象的想法可以轉換成具體的畫面。

Google Flow 也支援將圖片轉換成影片的功能，因此我們也會搭配使用圖片素材來增加畫面內容，使整體動畫看起來更加豐富。例如可以先產生單張圖片，再透過系統轉換成動態效果，讓畫面不會過於單調。

不過在製作過程中也發現，Google Flow 雖然操作方便，但生成的內容不一定每次都符合預期，有時需要多次調整提示詞或重新生成，才能得到較理想的結果。此外，目前單段影片長度大約為 8 秒左右，限制了單一片段的表現，因此在製作時需要將內容拆分成多個段落。

由於單段動畫時間較短，我們會先將多段影片分別製作完成，再透過後製剪輯進行整合，讓整體內容能夠形成完整的故事流程。透過這樣的方式，不僅能彌補單段影片長度的限制，也能讓動畫內容更加連貫。

Google Flow 在本專題中主要用於快速生成動畫素材，雖然仍需要進行調整與後製，但在製作效率與呈現效果上都有很大的幫助。

在影片剪輯部分，本專題使用 Clipchamp [17] 作為後製工具。Clipchamp 是 Microsoft 推出的線上影片編輯平台，不需要下載軟體，只要透過瀏覽器就可以操作，使用上相當方便。對於沒有太多剪輯經驗的人來說，它的介面也算簡單直觀，基本上拖拉影片就可以開始編輯。

在剪輯時，我們會先將所有動畫素材匯入系統，再依照劇情順序進行剪接與排列，並加入字幕、轉場效果以及背景音樂，讓整體內容看起來比較完整，也比較流暢。像是不同場景之間，我們會加上一些簡單的轉場效果，讓畫面切換不會太突然。

Clipchamp 也提供文字轉語音的功能，可以用來製作簡單的旁白，只要輸入文字就可以產生語音，對於需要說明內容的動畫來說還滿方便的。這樣即使沒有錄音設備，也可以讓影片有基本的解說。

在剪輯過程中我們也有用到像是裁剪影片長度、調整畫面順序、加入文字標題等功能，這些都是製作教學型或展示型影片時很常用的工具。整體來說功能雖然不算非常進階，但對於本專題的需求已經足夠。

Clipchamp 在本專題中主要負責影片的整理與後製，讓原本分段產生的動畫可以順利串接成完整內容，也讓整體呈現效果更好。

本專題的動畫製作流程包含腳本構想、AI 生成、素材整理與後製剪輯等步驟，透過這些工具的搭配使用，使動畫內容能夠順利完成，也讓系統在呈現上更加完整，提升整體的表現效果。

# 第參章 研究方法

## 3.1 研究步驟

本研究的流程大致可以分成六個主要階段，從一開始確定主題方向，到後續的系統設計、資料蒐集、AI 模型訓練、延伸學習性內容，以及最後的測試與優化。整體流程是一步一步進行的，過程中也會不斷修正與調整，讓系統越來越穩定。以下為各階段的說明。

### 一、系統設計與初步開發

在研究初期，我們先確定本專題的主題與方向，核心目的是建立一套智慧垃圾分類系統，透過影像辨識技術協助使用者快速判斷垃圾類型，提升分類的正確率與便利性。系統主要功能包含垃圾影像擷取、即時辨識、分類提示以及回收建議，讓使用者在丟棄垃圾時能有更明確的依據。

在系統開發初期，我們先進行網站整體架構的規劃，包含介面外觀設計、操作按鈕配置、相機開啟方式，以及分類結果的呈現方式等，先建立出完整的基礎框架，確保後續功能可以順利整合進系統中。

為了讓系統不只是單純的工具，也具有學習與互動性，我們在設計階段就規劃加入垃圾知識推廣、互動遊戲與環保動畫等功能。垃圾知識推廣部分主要提供垃圾分類相關說明與垃圾減量 TIPS，讓使用者在操作時可以同步了解分類原則；互動遊戲則透過答題與情境設計，讓使用者在操作中練習分類並加深印象；環保動畫則以故事與畫面呈現環境議題，讓使用者能從不同角度理解垃圾分類的重要性，提升整體系統的吸引力與完整度。

### 二、資料蒐集與整理階段

在系統架構大致確定後，我們開始進行文獻探討與資料蒐集，參考相關研究以及政府的垃圾分類規範，作為本系統分類的依據。

本階段著重於影像資料的建置。依據台中市政府的分類規範與系統需求，選定一般垃圾、紙類、塑膠類、金屬類、玻璃類、紙餐具、電池，共7類作為訓練模型的主要分類項目。

在訓練垃圾分類模型時，我們需要大量的垃圾影像，因此資料來源包含自行拍攝、蒐集生活中的各類垃圾照片，以及使用 Kaggle 的公開影像資料補足不足的部分。收集完成後，需將照片進行分類、命名與整理，讓模型訓練時能順利使用。

### 三、AI 模型訓練與整合

在資料準備完成後，我們使用 Google Teachable Machine 進行模型訓練，將整理好的影像依類別匯入，並透過多次調整資料量與內容，使模型能分辨不同垃圾的外觀特徵。訓練完成後，將模型匯出為可在網頁端使用的 TensorFlow.js 格式，包含 model.json、metadata.json 與 weights.bin，並整合到網站系統中。

在整合過程中，我們會測試相機是否能正常啟動、模型是否成功載入，以及是否能即時辨識垃圾類別，同時檢查分類結果與信心度是否合理。若發現辨識效果不佳或功能異常，則回到前一階段進行資料補充或調整程式碼，確保系統能穩定運作。

在辨識結果的呈現上，系統除了顯示預測的垃圾類別外，也會顯示對應的信心度（Confidence）。信心度為模型對該分類結果的預測機率，其數值是由模型透過 Softmax 函數計算所得，會將各類別的預測分數轉換為機率分布，使所有類別的機率總和為 1。

$$\text{公式為：} p(y_i) = \frac{e^{z_i}}{\sum_j e^{z_j}}$$

$p(y_i)$ 代表影像屬於第*i*類的機率， $z_i$ 為模型輸出的原始分數。系統會選擇機率最高的類別作為最終辨識結果，而該機率值即為本研究所使用之信心度。此數值可用來判斷辨識結果的可靠程度，並作為後續是否需要重新辨識或提示使用者的重要依據。

#### 四、延伸學習性內容

除了基本的垃圾辨識功能外，本系統也設計了延伸學習，希望使用者不只是知道分類結果，而是能進一步理解背後的分類原則與環保概念。當使用者完成垃圾辨識後，系統會提供相關的補充資訊，例如該垃圾的分類原因、是否需要清洗、以及常見錯誤分類提醒，讓使用者在操作過程中逐漸建立正確的分類觀念。

我們也在系統中加入即時回饋的概念，例如在辨識結果中顯示信心度，讓使用者了解系統判斷的可靠程度。這樣的設計不僅可以提升系統的使用準確性，也能讓使用者在互動過程中更有參與感，而不是單純接受結果。

在學習方式上，本系統結合垃圾知識推廣頁面、互動遊戲與環保動畫，讓使用者可以透過不同形式進行學習。例如垃圾知識推廣頁面提供基本分類原則與減量技巧；互動遊戲則透過情境題讓使用者實際操作與判斷，加深印象；環保動畫則用較生活化的方式呈現垃圾問題與環境影響，提升使用者的關注與理解。

系統也希望可以達到循序漸進的學習效果。使用者在多次使用系統的過程中，會逐漸熟悉不同垃圾的分類方式，並從一開始依賴系統判斷，慢慢轉變為能自行判斷，達到學習與實用並重的目的。

本系統不只是單純的辨識工具，而是一個結合科技與教育的學習平台，讓使用者在使用中自然學到垃圾分類，進一步培養環保意識與正確習慣。

在系統功能逐步穩定後，我們就會將垃圾知識推廣頁面、互動遊戲與環保動畫整合進系統中。這些功能會與主系統進行連結，讓使用者在完成辨識後，可以延緩進一步學習相關知識、進行分類練習或觀看動畫內容，讓整體系統不只是辨識工具，也具有教學與互動的效果。

#### 五、系統測試與評估

系統整合完成後，會進行多次實際測試，確認各項功能是否正常運作，包括相機啟動、影像擷取、影像辨識與結果顯示等。

接著進行模型準確率測試，透過不同角度與情境的垃圾影像進行測試，觀察辨識結果是否正確，並檢查準確率是否達到預期標準。若準確率不足，則回到資料蒐集與模型訓練階段進行調整。

我們也針對系統啟動與辨識流程所需的等待時間進行觀察與評估。當使用者開啟辨識功能時，系統需先啟動相機並載入模型，整體等待時間會受到裝置效能與網

路狀況影響。

測試結果顯示，從開啟辨識系統到可以進行影像辨識，平均需要約10-15秒鐘的時間。為了提升使用體驗，本系統在設計上盡量簡化載入流程，並確保模型能順利於瀏覽器端執行，讓使用者能在短時間內完成操作。

我們也觀察使用者在等待過程中的操作情形，避免等待時間過長造成使用不便，並作為後續系統優化的重要依據。

除了辨識功能外，新增的垃圾知識推廣、互動遊戲與環保動畫功能也會一併進行測試，確認頁面切換是否順暢、內容是否正確顯示，以及整體操作是否流暢。同時也會檢查使用者體驗，避免操作過程過於複雜或影響主要功能。

## 六、系統完成與成果展示

當模型的準確率達到預期，且系統整體運作穩定後，即完成本系統的開發。最後會再針對介面與細節進行優化，讓整體使用上更順暢、畫面也更完整。

完成之後，會將系統成果進行展示與分享，介紹系統的設計理念、操作方式以及實際應用效果，作為本研究的最終成果。

本研究之完整流程如圖3.1所示：

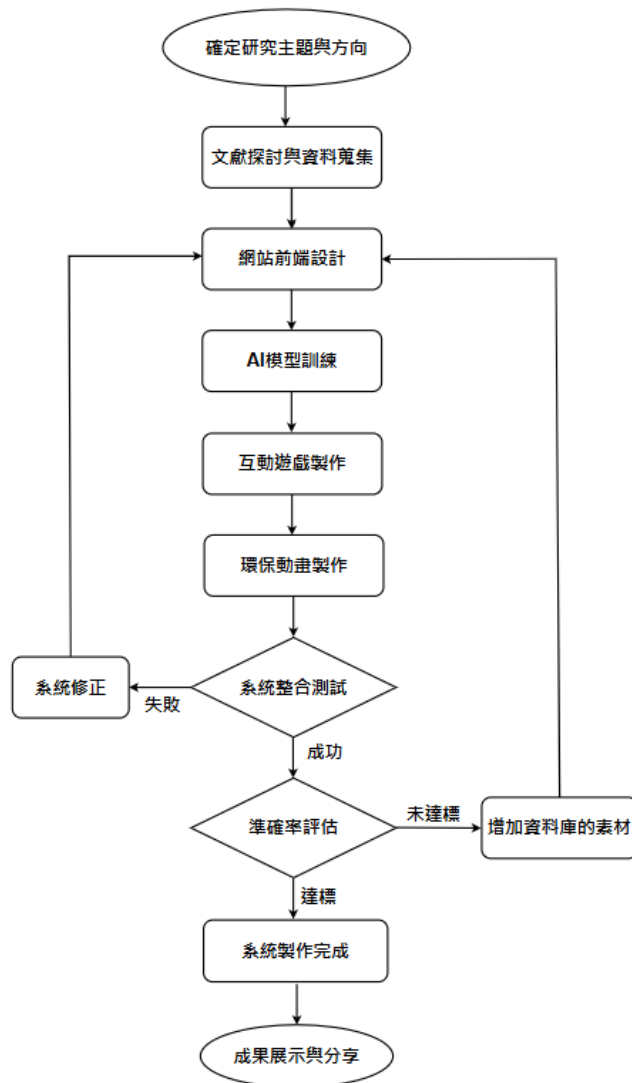


圖 3.1 研究流程圖

### 3.2 甘特圖

我們的專題從2025年3月開始進行，前期主要進行主題確定與文獻蒐集；中期著重在網站設計、資料收集與模型訓練；後期則負責系統測試、修正以及成果展示。本次專題的甘特圖如下圖3.2所示。

任務名稱	2025												2026					負責人
	3月	4月	5月	6月	7月	8月	09月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月			
擬定主題	█	█														全員		
文獻探討與資料蒐集		█	█	█	█											全員		
網站設計					█	█	█	█	█	█	█	█				蔡依宸		
影像資料收集						█	█	█	█	█	█					全員		
AI 模型訓練								█	█	█	█	█				蔡雅蓁		
互動遊戲製作										█	█	█	█			蔡依宸、蔡雅蓁		
互動動畫製作																柯俞甄、江心芳		
系統測試										█	█	█	█			江心芳		
系統修正											█	█	█	█		柯俞甄		
系統與模型整合														█	█	蔡依宸		
成果發表與展示															█	全員		
完成百分比	5%	10%	15%	25%	30%	35%	45%	50%	55%	65%	70%	85%	92%	96%	100%			

圖 3.2 甘特圖

### 3.3 系統架構圖

本系統架構主要依據整體功能需求進行設計，分為四個主要模組：影像辨識系統、垃圾知識推廣模組、互動遊戲模組與環保動畫模組，讓系統不只是單純的垃圾分類工具，也能同時兼顧學習與互動體驗。

在影像辨識系統部分，系統透過使用者介面模組（HTML、CSS、JavaScript）提供操作入口，使用者只需要透過瀏覽器開啟系統並啟動相機，就可以開始使用。接著由影像擷取模組即時取得畫面，並將影像傳送到 AI 辨識模組進行分析。AI 辨識模組是整個系統的核心，結合 Teachable Machine 訓練的模型與 TensorFlow.js 技術，可以在前端直接進行垃圾分類判斷。辨識完成後，會透過結果顯示模組呈現分類結果與回收建議。整個流程都在前端完成，不需要後端伺服器，也讓系統在使用上更快速、更方便。

在垃圾知識推廣模組中，系統提供垃圾分類相關知識與垃圾減量 TIPS，讓使用者在操作的同時，也可以順便了解正確的分類方式。不只是看到分類結果，也能慢慢理解為什麼要這樣分類，進一步加強環保觀念。

在互動遊戲模組中，透過分類挑戰與情境式設計，讓使用者可以實際操作分類過程，並透過答題後的回饋了解正確與錯誤的差異。這樣的方式可以提升參與感，也比較容易留下印象，讓學習不會只是單純閱讀內容。

在環保動畫模組中，透過動畫呈現環境議題與垃圾分類的相關概念，讓原本比較抽象的內容變得更具體，也比較容易理解，同時也能增加系統的吸引力，讓使用者更願意持續使用。

本系統透過影像辨識、垃圾知識推廣、互動遊戲與動畫的整合設計，讓使用者在使用過程中不只是完成分類，也能同時學到相關知識，進一步培養正確的垃圾分類習慣，並慢慢把環保行動融入日常生活中。

整體流程如圖 3.3 所示。

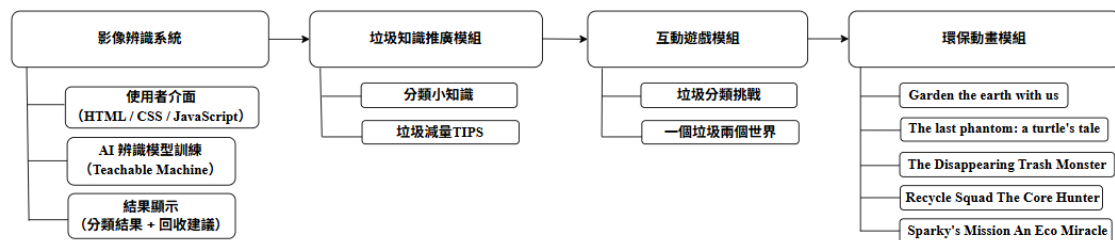


圖 3.3 系統架構圖

### 3.4 系統開發資源與應用工具

本研究在系統開發過程中使用多項工具與資料來源，以支援模型訓練、程式開發與成果展示。為了確保系統具備良好的辨識能力，我們參考多個 Kaggle 公開資料集作為模型訓練的補充來源；在模型建立部分則採用 Google Teachable Machine，使影像分類流程更直觀。除此之外，也運用 GitHub 進行網站程式版本管理與部署，並使用 ChatGPT 協助調整文件語句與排查部分程式碼問題，讓整體開發過程更順利。製作問答小遊戲是使用 Playreal 串接遊戲內容，並運用 Gazai 生成遊戲內所需的圖片素材。在動畫製作部分，則使用 Google Flow 產生影片內容，並搭配 Clipchamp 進行簡單剪輯，讓動畫可以順利應用在系統中。

本研究所使用的工具與其用途彙整如表 3.1 所示。

表 3.1 系統開發工具一覽表

	使用工具名稱	使用範圍及說明	授權軟體或免費軟體
1	Google Teachable Machine	用於影像分類模型訓練，建立智慧垃圾分類辨識模型，並輸出可於網站端執行的模型檔。	免費軟體
2	Kaggle (TrashNet 資料集)	參考 TrashNet 公開資料集，蒐集更多元的垃圾影像作為模型訓練素材(作者：Feyza Ozkefe)。	免費資料集
3	Kaggle (Garbage Dataset 資料集)	參考 Garbage Dataset 公開資料集，蒐集更多元的垃圾影像作為模型訓練素材(作者：Suman Kunwar (所有者) thierrytheg (編輯))。	免費資料集
4	Kaggle (RealWaste Image Classification 資料集)	參考 RealWaste Image Classification 公開資料集，蒐集更多元的垃圾影像作為模型訓練素材(作者：Joakim Arvidsson)。	免費資料集
5	ChatGPT	主要協助修飾文件內容，使語句更流暢、段落更清晰，並在開發過程中協助排查部分程式碼問題，加速系統開發效率。	免費軟體
6	GitHub	用於儲存與管理專題程式碼，並利用 GitHub Pages 發佈網站成果。	免費軟體
8	Playreal	用於製作互動遊戲與情境式學習內容，透過頁面串接與互動設定設計遊戲流程。	免費軟體
9	Gazai AI	用於產生專題所需的圖片素材，透過 AI 自動生成，快速取得多樣化視覺素材。	免費軟體

10	Google Flow	用於產生專題中的動畫素材，透過輸入文字或圖片由 AI 自動生成，讓動畫製作更快速。	付費軟體
11	Clipchamp	用於影片剪輯與後製，包含剪接、字幕、轉場與音樂等功能，讓成果影片更完整。	免費軟體

# 第四章 系統分析與設計

## 4.1 影像辨識系統

### 4.1.1 使用者介面

網站使用 GitHub Pages 部署，採用 HTML、CSS 與 JavaScript 技術設計，負責使用者介面呈現。HTML 建立網站結構，CSS 建立版面與視覺樣式，而 JavaScript 則處理使用者操作與影像擷取功能。

使用者可透過網站介面進入系統，並在允許存取相機功能後，即可啟動辨識模式。整體操作流程簡單明瞭：使用者只需開啟瀏覽器並點擊拍照按鈕，即可即時拍攝垃圾影像並進行分類。操作介面設計上，首頁提供清楚的說明與按鈕，當使用者點擊後，系統會啟動裝置鏡頭，並利用 Canvas 擷取影像作為 AI 模型的輸入資料，辨識結果將呈現分類建議及分類小知識，讓使用者能直觀了解垃圾分類結果。內容彙整如下圖 4.1 所示。

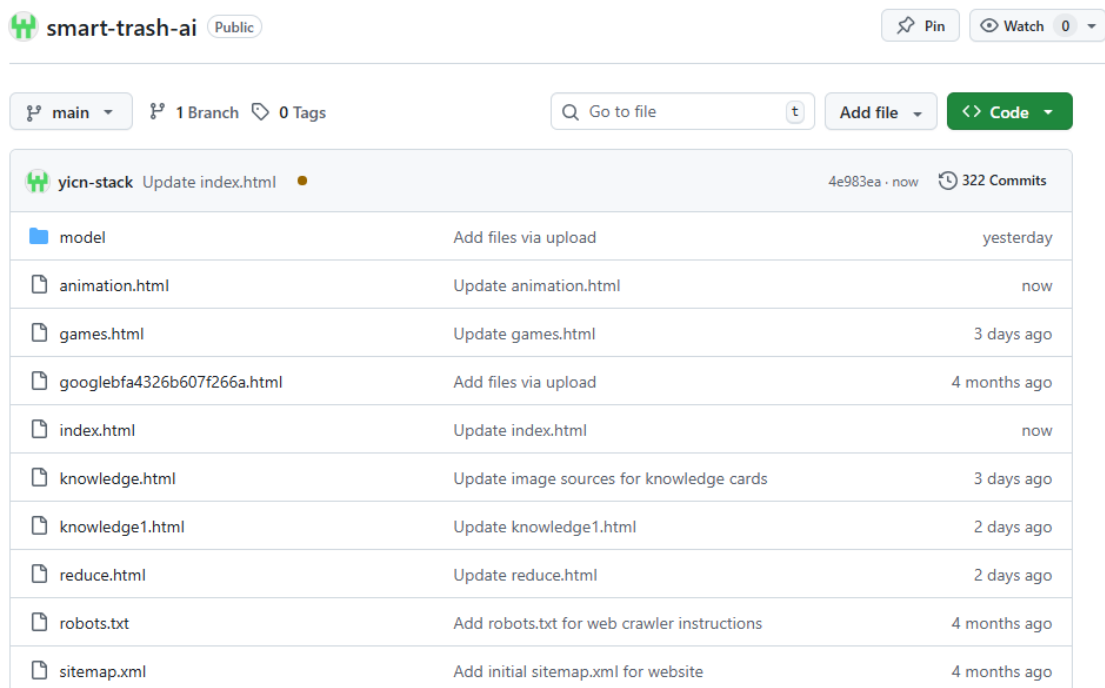


圖 4.1 GitHub Pages 網站檔案結構

本系統網站的檔案主要依照功能進行分類與管理，讓整體架構較清楚，也方便後續維護與修改。其中，model 資料夾是用來放置 Teachable Machine 訓練完成後所產生的模型檔案，包含 metadata.json、model.json 以及 weights.bin，同時也存放系統中所使用到的圖片資源。

在網頁部分，index.html 為整個網站的首頁，也是主要的操作介面，使用者可以從此頁面進入智慧垃圾分類系統，開啟相機進行拍照，並透過訓練好的 AI 模型進行垃圾辨識。games.html 則是放置遊戲相關內容的頁面，整合了一個垃圾兩個世界以及垃圾分類挑戰兩款遊戲的入口，讓使用者可以從同一頁面選擇進入不同遊戲。animation.html 是用來呈現環保動畫的頁面，提供動

畫影片的連結，讓使用者透過觀看影片了解相關環境議題。在知識內容方面，knowledge.html 為整合頁面，內含分類小知識 (knowledge1.html) 與垃圾減量 TIPS (reduce.html) 兩個子頁面。分類小知識主要提供各類垃圾的分類方式，讓使用者可以快速了解正確的回收原則；垃圾減量 TIPS 則著重於日常生活中的減量方法，例如減少一次性用品、重複使用物品以及調整生活習慣等，希望讓使用者不只是會分類，也能從源頭減少垃圾產生。

在網站管理與搜尋引擎設定方面，googlebfa4326b607f266a.html 為 Google 提供的驗證檔案，需放置於網站根目錄，讓網站可以使用 Google Search Console 進行管理與收錄狀況的查看；而 robots.txt 則是提供給搜尋引擎爬蟲使用的設定檔，用來說明哪些內容可以被抓取，同時也設定 sitemap 的位置，讓搜尋引擎能更快找到網站頁面，加速整體收錄速度。

#### 4.1.2 AI 辨識模型訓練

本系統的垃圾分類功能主要依靠 AI 模型進行辨識，模型是使用 Google 開發的 Teachable Machine 平台進行訓練，並將匯出的 TensorFlow.js 檔案整合於前端，即時進行辨識。

在模型訓練過程中，我們先蒐集不同種類的垃圾影像資料，包含自行拍攝的照片以及 Kaggle 平台上的公開資料集，讓模型可以學習更多不同情境下的垃圾外觀。接著將這些影像依照分類類別整理後上傳至 Teachable Machine 進行訓練，透過多次測試與調整，讓模型逐漸學習各類垃圾的特徵。

在訓練完成後，系統會將模型匯出為 TensorFlow.js 格式，並整合至網站中。這樣的方式可以讓模型直接在瀏覽器端運行，不需要透過後端伺服器即可完成辨識，不僅提升運作速度，也降低系統架構的複雜度。

透過上述流程，本系統能夠在使用者拍照後，即時進行垃圾分類，提供快速且便利的辨識結果。相關內容彙整如下圖 4.2 - 4.4 所示。

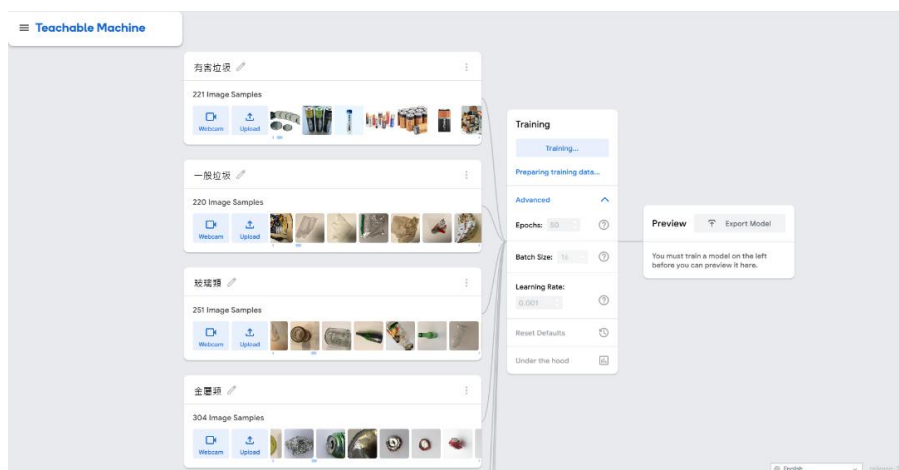


圖 4.2 Teachable Machine 模型訓練畫面

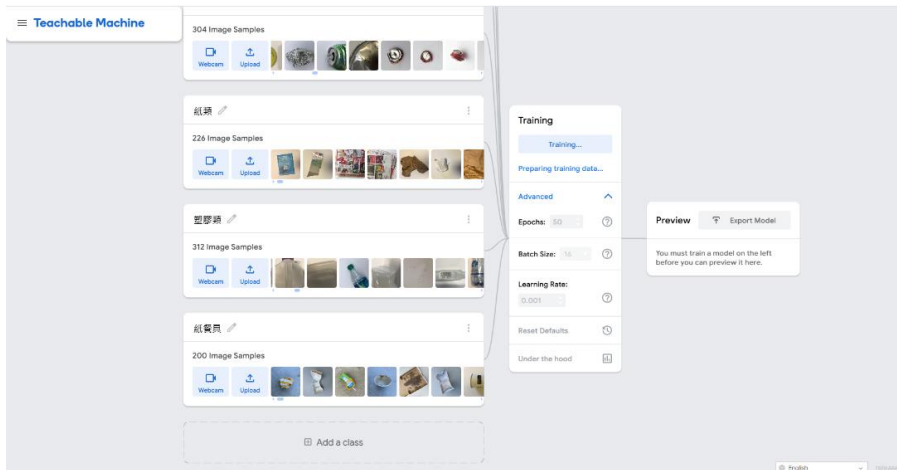


圖 4.3 Teachable Machine 模型訓練畫面

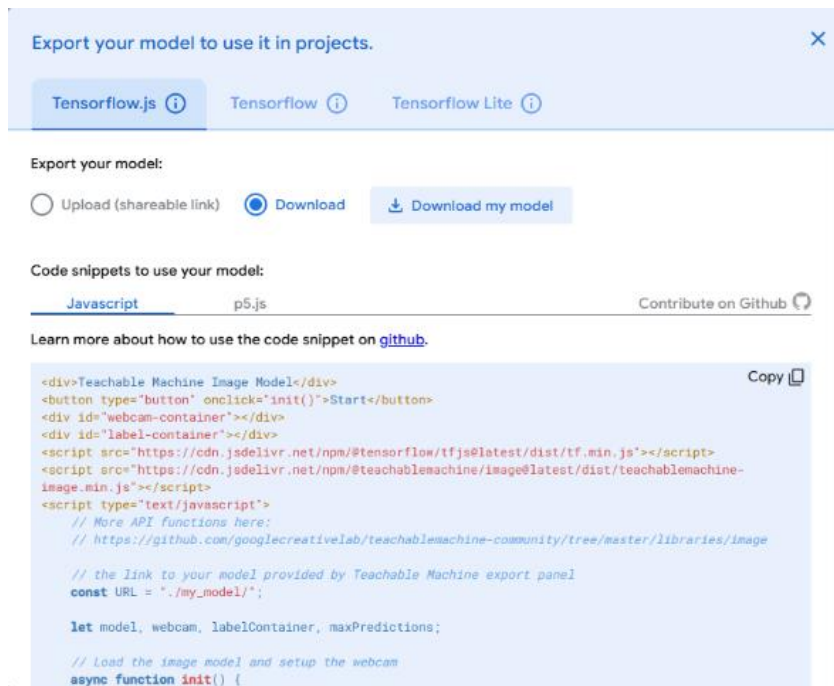


圖 4.4 Teachable Machine 訓練後匯出 Tensorflow.js 檔

模型訓練資料來源包含自行拍攝的影像資料，同時也參考 Kaggle 平台上的 TrashNet、Garbage Dataset 以及 RealWaste Image Classification 等公開資料集，加入不同種類與角度的影像，使模型能學習更多樣的垃圾樣貌，提升資料多樣性與辨識能力。在資料處理方面，每個類別蒐集約 200 至 300 張圖片，涵蓋不同角度、光線與背景條件，以確保模型獲得足夠樣本進行訓練，降低誤判並提升辨識穩定度。同時，對影像進行基本前處理，如旋轉與亮度調整，使資料更具一致性與多樣性，幫助模型更有效率地學習垃圾外觀特徵。

### 4.1.3 結果顯示

在模型訓練過程中，本研究依據常見的垃圾分類方式進行規劃，將垃圾分為多個類別，以提升整體辨識的準確度。分類內容包含資源回收類中的紙類、塑膠類、紙餐具類、金屬類與玻璃類，有害垃圾中，以及一般垃圾等類

別。透過這樣的分類方式，可以讓系統在面對不同類型垃圾時，有較明確的判斷依據。

經過訓練後，模型在測試資料上的平均分類準確率可達 85% 以上，在光線穩定且背景單純的情況下，辨識效果會更加穩定。系統呈現方面，當使用者進行垃圾辨識時，系統除了顯示分類結果之外，也會同步顯示模型的信心度，讓使用者可以了解本次辨識結果的可靠程度。例如顯示為 99.98% 時，代表模型對該分類結果具有較高的判斷信心。

系統也會搭配對應的提示說明，例如破玻璃請包好避免割傷等，提供使用者在回收時需要注意的小細節。這樣的設計不只是提供分類結果，也進一步強化使用者對正確處理方式的理解，讓系統在實用性與教學性上都能兼顧。

此分類設定不僅提升了模型的辨識效果，也讓系統在實際應用中更具參考價值，能協助使用者做出更正確的垃圾分類判斷。

#### 4.1.4 系統功能說明

本系統主要功能為即時影像辨識。使用者透過行動裝置開啟系統並允許取用相機後，系統即可即時擷取畫面並進行垃圾辨識，並在畫面下方顯示分類結果及回收時需要注意的小細節，協助使用者更清楚了解垃圾的處理方式。

除了即時辨識功能外，為了提升整體的使用體驗與學習效果，系統也加入了多項延伸功能。首先，在分類結果顯示的同時，會搭配簡單的分類提示與說明，讓使用者不只是看到結果，也能知道丟棄垃圾時需要注意什麼。

我們也系統內設計了垃圾分類知識與垃圾減量 TIPS 頁面，讓使用者可以進一步查詢相關內容，加深對分類原則與環保觀念的了解。

在互動學習方面，本系統加入了垃圾分類相關的小遊戲，讓使用者透過操作與選擇來練習分類，增加學習的趣味性。同時也透過動畫呈現生活情境與環境議題，讓使用者能更直觀理解垃圾分類的重要性。

我們希望本系統不僅提供即時辨識功能，也結合垃圾知識推廣、互動遊戲與動畫內容，使系統從單純的工具延伸為具有學習與教育功能的平台。

#### 4.1.5 辨識技術流程

本系統主要透過 AI 影像辨識技術來進行垃圾分類，其資訊流設計為一個完整的前端即時處理流程。

在模型建立階段，本專題使用 Teachable Machine 平台進行影像分類模型訓練，透過蒐集不同類型垃圾的圖片如塑膠、紙類、金屬、玻璃、紙餐具與一般垃圾，並將其分類後進行模型訓練。訓練完成後，系統會輸出 TensorFlow.js 格式的模型檔案，包含 model.json 模型架構、metadata.json 分類標籤資訊以及權重檔案，這些檔案即為後續辨識的核心依據。

在模型部署部分，本系統將上述模型檔案上傳至 GitHub，並搭配前端網站一同部署於 GitHub Pages，使整個系統可透過網頁直接存取模型資源，達到無需後端伺服器即可執行 AI 辨識的目的。

當使用者進入系統後，前端會透過 JavaScript 呼叫瀏覽器的相機功能，即時取得影像並顯示於畫面中的 video 元素。使用者點擊拍照按鈕後，系統會將當前畫面擷取至 canvas，並轉換為模型可讀取的影像格式。

前端程式會透過 TensorFlow.js 載入先前部署於 GitHub 的模型，並將 canvas 影像資料傳入模型進行預測。模型會輸出各分類的機率值，系統再從中選擇機率最高的分類作為最終辨識結果。

在結果處理階段，前端會依據分類內容判斷其屬於資源回收、一般垃圾或有害垃圾，搭配對應圖示與信心度百分比顯示於畫面上，並根據分類結果提供相應的垃圾處理建議與提示資訊，以提升使用者對垃圾分類的理解。

本系統的資訊流從使用者拍攝影像開始，由前端擷取、模型載入、影像辨識與結果輸出，形成一個完整的即時處理流程。所有運算皆於瀏覽器端完成，不需經過伺服器傳輸，不僅提升辨識速度，也降低系統架構的複雜度。

#### 4.1.6 辨識系統操作流程圖

使用者開啟網站並允許系統取用相機後，系統顯示首頁介面並載入模型，使用者點擊拍照按鈕後，鏡頭啟動擷取影像，經由 AI 模型分析後輸出分類結果，最後於網站顯示辨識結果與建議回收方式。

本辨識系統操作流程如圖 4.5 所示。

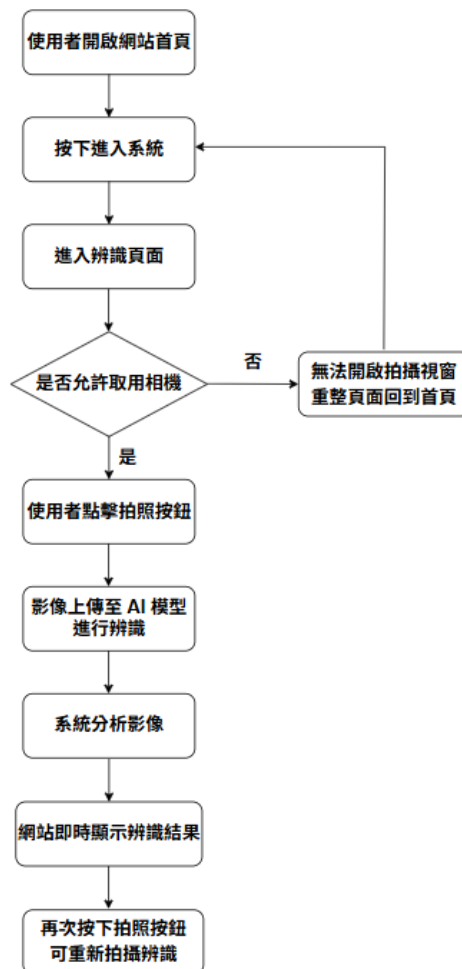


圖 4.5 辨識系統操作流程圖

#### 4.1.7 辨識系統畫面

開啟網站後，會先進入系統首頁。使用者可以點擊第一個按鈕辨識系統，進入垃圾拍攝與辨識的畫面。此外，系統中也設計了垃圾知識推廣頁面、垃圾分類小遊戲以及環保動畫，讓使用者除了進行辨識外，也能進一步了解相關內容。相關內容彙整如下圖4.6所示。



圖4.6 辨識系統首頁

當使用者進入辨識系統時，畫面會先跳出是否允許使用相機的提示視窗。若點選允許，系統就會開啟相機，並顯示可拍照的畫面；若點選取消，則會再次出現提示訊息，告知無法開啟相機，因此也無法進行後續的拍照與辨識操作。相關內容彙整如下圖4.7- 4.10所示。



圖4.7 詢問取用相機權限



圖4.8 允許使用相機



圖4.9 拒絕取用相機



圖4.10 無法開啟拍照視窗

七種類別的垃圾模型已訓練完成，系統也能順利辨識各類垃圾。當辨識成功時，下方會顯示對應的垃圾類別以及信心度，而目前的辨識結果大多都能達到我們設定的 85% 以上標準。

在操作上，使用者只需要將鏡頭對準垃圾，並按下拍照按鈕，系統就會即時顯示辨識結果，同時提供該類垃圾在分類時需要注意的重點說明，讓使用者不只是知道結果，也能了解正確的分類方式。

如果需要辨識其他垃圾，只要將鏡頭移到新的物品，再次按下拍照按鈕即可重新進行判斷，整體操作簡單直覺，不需要複雜步驟。相關內容彙整如下圖4.11 - 4.17所示。



圖4.11 塑膠類辨識成功



圖4.12 紙類辨識成功



圖4.13 紙餐具辨識成功



圖4.14 玻璃類辨識成功



圖4.15 金屬類辨識成功



圖4.16 一般垃圾辨識成功

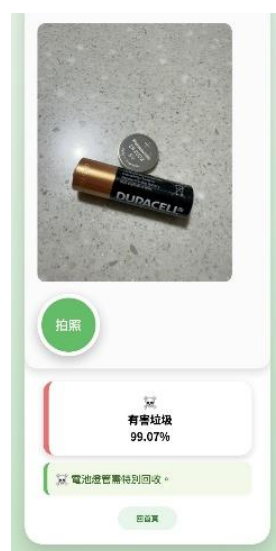


圖4.17 有害垃圾辨識成功

## 4.2 垃圾知識推廣

本系統設計了分類小知識與垃圾減量 TIPS 兩個頁面，讓使用者在操作系統的同時，也能學習相關的環保知識，讓整體不只是工具使用，也包含基本的學習內容。

當使用者點擊進入垃圾知識推廣頁面後，可以看到這兩個主題內容。分類小知識主要介紹各類垃圾的正確分類方式，例如玻璃、有害垃圾、金屬類等，幫助使用者了解不同物品應該如何處理，避免發生錯誤分類的情況；而垃圾減量 TIPS 則著重在日常生活中可以實際做到的方法，例如減少一次性用品、重複使用物品或自備餐具與飲料杯等，希望讓使用者不只是會分類，也能從源頭減少垃圾產生。

在畫面設計上，這兩個頁面都採用類似翻牌的互動方式呈現。使用者點擊卡片後會進行翻轉，顯示對應的說明內容，讓資訊不會一次全部呈現，畫面看起來也比較簡單不雜亂。翻面後的內容以圖像搭配簡短文字為主，整體風格偏向懶人包形式，讓使用者可以快速掌握重點，不需要閱讀過多文字。

在設計上也有加入圖片點擊放大的功能，當使用者點擊圖像時，可以放大查看細節內容，方便閱讀較小的文字或圖片說明。這樣的設計可以讓使用者在需要時再查看細節，不會影響整體畫面的清爽度。

我們會採用這樣的設計，是因為傳統的分類說明多以大量文字呈現，容易讓使用者失去閱讀耐心。因此改以圖像搭配互動的方式呈現，讓內容更容易被接受，也比較有參與感。同時，當使用者在使用辨識功能之外，也可以進一步了解分類原則，加深整體學習效果。

另外，透過將內容拆分成一張一張卡片的方式，也讓使用者可以依照自己的需求逐步閱讀，而不是一次接收所有資訊，降低理解上的負擔。這種分段式的呈現方式，也比較適合用在手機瀏覽的情境。

透過這樣的設計，不僅增加了操作上的互動性，也讓學習內容變得更簡單好理解，讓使用者在短時間內就能吸收重點，並在日常生活中實際應用，達到基本的環境教育效果。相關內容彙整如下圖4.18-4.21所示。



圖4.18 垃圾知識推廣選單區



圖4.19 垃圾分類小知識畫面



圖4.20 垃圾減量 TIPS 畫面



圖4.21 懶人包圖示放大畫面

### 4.3 互動遊戲成果

為了讓系統不只是單純進行垃圾辨識，我們另外設計了兩個小遊戲。透過不同形式的遊戲設計，一個著重在練習分類能力，另一個則強調環境影響與情境感受，讓使用者可以在遊戲過程中學習垃圾分類的觀念。

透過操作與互動的方式，不僅提升學習的趣味性，也能讓使用者更容易記住分類原則。相關內容彙整如下圖4.22所示。



圖4.22 互動遊戲選單區畫面

### 4.3.1 垃圾分類挑戰

垃圾分類挑戰是一款結合環保教育的互動式網頁遊戲，主要目的是讓大家在玩遊戲的過程中，學會正確的垃圾分類。現在環保越來越重要，但很多人其實還是不太清楚垃圾該怎麼分，所以我們希望透過遊戲的方式，把學習變得更簡單、有趣，也更容易記住。

這個遊戲是用 HTML、CSS 和 JavaScript 製作的，並且放在 GitHub Pages 上，因此只要打開網頁就可以直接遊玩，不需要下載任何東西，無論是手機還是電腦都可以使用，操作上也相當方便。這樣的設計也讓系統比較容易推廣，使用者只要有網路就能隨時進行練習。

在遊戲設計上，操作方式非常簡單好上手。每一關都會先給一個分類任務，例如找出塑膠類或電池類垃圾，接著畫面上會出現多張不同的垃圾圖片，玩家需要從中挑選出符合題目的正確項目。如果點選正確，系統會立即給予提示；若選錯，也會告知使用者選擇錯誤再試一次，讓玩家可以在過程中修正自己的觀念。當所有正確答案都被找出後，系統就會自動進入下一關，讓整體遊戲流程更流暢。

在畫面呈現方面，遊戲使用圖片搭配簡單提示的方式，讓使用者可以透過視覺快速判斷，不需要閱讀大量文字，也比較符合實際生活中辨識垃圾的情境。同時，搭配清楚的版面配置與按鈕設計，讓整體操作更直覺，降低使用上的困難。

透過這樣反覆練習的方式，玩家可以慢慢記住不同垃圾的分類方式，同時也能訓練觀察力和判斷能力。希望大家在玩完之後，能把這些學到的知識應用在日常生活中，真正落實垃圾分類，而不只是停留在遊戲中。

這款遊戲將學習與互動結合在一起，不僅增加了趣味性，也讓環保知識變得更容易理解與記憶，讓垃圾分類這件事情更貼近生活，也更容易被大家接受。相關內容彙整如下圖4.23所示。

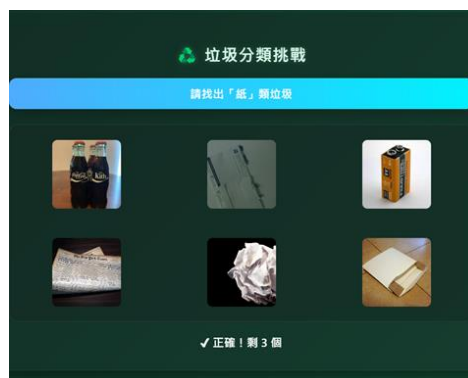


圖4.23 垃圾分類挑戰遊戲畫面

### 4.3.2 一個垃圾兩個世界

一個垃圾兩個世界是本系統設計的互動遊戲之一，使用 Playreal 平台製作，讓使用者可以在遊戲中學習垃圾分類的觀念，提升整體的互動性與學習效果。

在遊戲設計上，我們採用情境式的方式呈現，讓使用者不只是做選擇，而是能透過畫面去感受分類結果所帶來的影響。遊戲以問答形式進行，畫面會先顯示一個垃圾物品，讓使用者判斷它應該屬於哪一類。當使用者選擇正確時，背景畫面會呈現乾淨的環境；若選擇錯誤，則會呈現較為髒亂的環境，透過這樣的對比，讓使用者能更直觀理解垃圾分類對環境的重要性。

不論回答正確或錯誤，系統都會提供該類垃圾的說明內容，包含為什麼需要做好分類，以及正確回收後對環境所帶來的正面幫助，例如減少污染、節省資源或降低環境負擔等。透過這樣的設計，希望讓使用者不只是記住答案，而是能理解背後的原因，進而在日常生活中實際應用。

在製作過程中，我們使用 Playreal 進行遊戲設計。Playreal 的操作方式類似簡報，是透過一頁一頁建立內容，再利用按鈕設定將不同頁面串接起來，形成完整的互動流程。在每一題中，我們分別設計正確與錯誤的分支頁面，讓使用者在作答後可以看到不同的說明畫面，增加互動性與學習效果。

在遊戲內容設計上，我們挑選生活中常見的垃圾類共六類，讓使用者在遊戲中練習判斷，提升實際應用能力。同時搭配圖像化呈現與簡單說明，降低理解難度，讓不同程度的使用者都能輕鬆上手。

在素材製作方面，我們也搭配使用 AI 生成圖片來呈現不同垃圾與環境情境，使畫面更豐富，也讓使用者在視覺上更有感受。例如乾淨與髒亂環境的對比，就是透過不同圖片呈現，讓學習效果更加明顯。

透過情境對比、互動操作與說明結合的方式，不僅提升了學習的參與感，也讓使用者在遊戲過程中更容易理解垃圾分類的重要性，使系統除了辨識功能之外，也多了一層學習與互動的價值。相關內容彙整如下圖4.24-4.27所示。



圖4.24 一個垃圾兩個世界遊戲製作畫面



圖4.25 問答遊戲畫面



圖4.26 問答正確畫面



圖4.27 問答錯誤畫面

#### 4.4 環保動畫成果

為了讓系統不只是單純進行垃圾辨識與遊戲互動，我們另外設計了五支情境動畫，從不同角度切入環保與垃圾分類議題。這些動畫內容各有特色，例如以日常生活為情境，呈現使用者從不會分類到學會正確分類的過程；以海洋環境為主題，透過生態變化帶出垃圾污染對自然的影響；以及透過垃圾怪獸的故事，象徵人類長期累積垃圾所造成的問題。

另外也設計了以回收機器人為主角的動畫，分別從不同角度呈現垃圾處理與環境改善的過程，一支強調在城市中面對垃圾危機並找出解決方法，另一支則描寫在污染環境中逐步清理與回收，帶出從混亂到恢復的轉變。透過這些不同類型的故事設計，希望讓使用者在觀看的過程中，不只是理解垃圾分類的操作方式，也能從情境中感受到環境議題的重要性。

當使用者進入環保動畫頁面時，畫面會以圖像式卡片的方式呈現各支動畫的封面與標題，整體介面設計簡單直覺。使用者只需點擊卡片，即可跳轉至 YouTube 播放影片，方便快速瀏覽與觀看各項內容。相關內容彙整如下圖4.28-4.29所示。



圖4.28 動畫選單區畫面

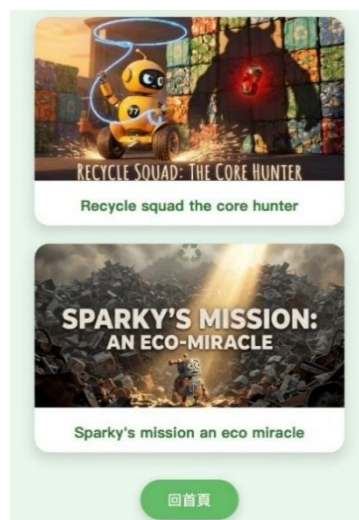


圖4.29 動畫選單區畫面

#### 4.4.1 Garden the earth with us

Garden the earth with us 這支動畫是以日常生活為情境，主要描述一名小男孩在面對垃圾分類時，從不會分類到學會正確分類的過程，讓觀眾可以從生活中常見的情況產生共鳴。

影片一開始，小男孩在房間裡面對各種垃圾，例如塑膠杯、吸管與披薩盒，顯得有點困惑，不知道該怎麼分類，呈現出一般人在日常生活中常遇到的問題。接著他依照自己的直覺進行分類，但系統顯示錯誤（紅色 X），讓他意識到自己其實不太了解垃圾分類，也帶出分類其實沒有想像中簡單這個重點。

在發現問題之後，小男孩拿出手機開啟本系統，嘗試利用 AI 影像辨識功能來協助判斷垃圾種類。動畫中呈現了掃描與辨識的過程，讓觀眾可以清楚看到系統的實際操作方式，也帶出科技在生活中的應用。當系統成功辨識出垃圾類別後，除了顯示分類結果之外，也會提供相關說明與提示。

接著在學習過程中，系統進一步引導男孩進行垃圾拆解，例如將杯身、吸管與瓶蓋分開處理，讓使用者不只是知道分類答案，也了解正確的處理方式與原因，強調分類背後的觀念，而不是單純記答案。

在後段部分，動畫也加入較進階的情境，例如油汙的披薩盒或紙餐盒，說明垃圾分類並不是固定不變，而是需要依照實際狀況判斷，例如乾淨與油汙的差異。透過這樣的設計，可以讓觀眾理解更完整的分類概念，也讓系統的應用不只停留在簡單情境。

最後，小男孩依照系統指示完成正確分類，畫面也逐漸轉變為乾淨整齊的環境，甚至延伸到更美好的城市畫面，象徵透過正確的垃圾分類，可以對環境帶來正面的改變。整體動畫從個人的行為出發，延伸到對環境的影響，讓觀眾在觀看過程中不只理解操作方式，也能感受到垃圾分類的重要性。

以下為此動畫情境設計與腳本規劃：

##### 第 1 幕：困擾 (Problem)

視覺描述：溫馨但略顯雜亂的臥室，鏡頭緩緩拉遠。前景桌上堆著塑膠杯、吸管與紙盒。小男孩站在桌前，臉上寫滿困惑，構圖符合三分法。

提示詞：Pixar-style, cinematic 3D animation. An 8-year-old boy stands in a slightly messy but cozy bedroom, the camera zooms out. Plastic cup, straw, cardboard box on the table. Soft, warm indoor lighting, depth of field effect.

角色台詞：「為什麼垃圾分類這麼讓人困擾？」（Why is garbage sorting so confusing?）

##### 第 2 幕：錯誤行為 (Wrong Behavior)

視覺描述：中鏡頭。男孩猶豫地將塑膠飲料杯丟進右側的一般垃圾桶。上方瞬間彈出紅色「X」圖示，畫面隨之定格。男孩抓著頭，顯得更加不知所措。

提示詞：Pixar-style 3D animation, medium shot. The boy throws a plastic beverage cup into a regular trash can on the right. A red "X" icon appears above. The boy stands on the left, scratching his head.

角色台詞：「我想……應該是丟這裡吧？」（I think... I should put it here?）

### 第 3 幕：AI 解決方案 (AI Solution)

視覺描述：中鏡頭。男孩拿出手機居中，螢幕顯示現代化的 AI 垃圾分類 App 掃描介面。手機發出柔和的光暈，背景臥室微模糊，鏡頭緩慢推近。

提示詞：Pixar-style medium shot. The boy holds a smartphone, centered; screen displays an AI garbage sorting app with a scanning interface. Soft halo, blurred background, slow zoom in.

角色台詞：「等等，或許我該試試這款 AI App！」（Wait, maybe I should try this AI app!）

### 第 4 幕：核心掃描 (AI Scan)

視覺描述：中長鏡頭。男孩對準桌上的塑膠杯，一道藍色全息掃描網格輕快地掃過。手機螢幕與漂浮的 AR 面板同時顯示「偵測到塑膠杯」與綠色勾選符號。

提示詞：Pixar-style cinematic 3D animation. A blue holographic scanning grid sweeps across the cup. On screen: "Object detected: Plastic cup" with a green checkmark. Cinematic lighting, 4K.

角色台詞：「掃描中……找到了！這是一個塑膠杯。」（Scanning... Found it! It's a plastic cup.）

### 第 5 幕：結構拆解 (Breakdown)

視覺描述：置中構圖。UI 顯示「請拆解後丟棄」。塑膠杯在空中漂浮，自動分解為「杯身、吸管、杯蓋」三部分並橫向排列。動作流暢且具科技感。

提示詞：Pixar-style 3D animation, centered composition. The plastic cup floats up, breaking into three parts: cup body, straw, and lid. Minimalist holographic interface, smooth animation.

角色台詞：「啊，我得先把它們拆開才行。」（Ah, I need to separate these parts first.）

### 第 6 幕：分類邏輯 (Categorization)

視覺描述：全景教育視角。畫面出現一排不同顏色的回收桶。杯身移向藍色回收桶，而吸管與蓋子則移向灰色的一般垃圾桶，並配有清晰的導引箭頭。

提示詞：Pixar-style educational 3D animation, wide-angle shot. Multiple color-coded trash cans. Cup body moves to blue bin, straw and lid move to gray bin. Clear directional arrows.

角色台詞：「杯子可以回收，但吸管跟杯蓋要丟一般垃圾！」（The cup can be recycled, but the straw and lid should be thrown into the regular trash can!）

### 第 7 幕：特殊案例 (The Pizza Box Case)

視覺描述：中長鏡頭。男孩掃描披薩盒底部的油漬，手機亮起紅色警告「偵測到油污：不可回收」。接著 AR 指引男孩撕開銜接處，男孩親手將乾淨的上蓋與油膩的底座分離。

提示詞：Pixar-style 3D animation. Boy scans oil stains on a pizza box. Red warning light: "Grease Detected". Boy tears the clean lid away from the greasy bottom. Focus on tearing texture.

角色台詞：「等等，底部太油了不能回收。噢！但上面是乾淨的，我可以把它撕下來！」（Wait, the bottom is too greasy... Oh! But the top part is clean. I can rip it off!）

第 8 幕：完美結局 (Ending)

視覺描述：廣角鏡頭。男孩帥氣地將紙盒上蓋放入紙類回收，油膩底部放入一般垃圾。完成後頭頂出現綠色大勾勾。男孩面向鏡頭自信微笑，將手機收回口袋。背景臥室變得整潔明亮，象徵環保帶來的正面改變。

提示詞：Pixar-style wide shot. Boy places clean lid into 'Paper' bin and greasy bottom into 'General Waste'. Cheerful green checkmark appears. Room looks brighter and cleaner.

角色台詞：「分類變得好簡單！多虧有 AI，現在我知道怎麼正確回收了。讓我們一起守護地球吧！」（So easy! Thanks to AI, I know how to sort correctly now. Let's make our planet cleaner together!）



圖4.30 環保動畫畫面



圖4.31 環保動畫畫面

#### 4.4.2 The last phantom: a turtle's tale

The last phantom: a turtle's tale 這支動畫是以海洋環境為主題，透過情境故事呈現海洋從原本健康的狀態，逐漸受到污染影響，最後再慢慢恢復的過程。整體是用比較像寓言的方式來呈現，讓觀眾可以從畫面變化中感受到人類行為對環境的影響。

影片一開始呈現的是乾淨且明亮的海洋環境，陽光照射在海面上，水中可以看到色彩鮮豔的珊瑚與魚群穿梭，整體畫面給人一種很有生命力的感覺。透過這樣的開頭，先建立出原本應該的樣子，讓後面的變化更有對比。

隨著畫面推進，海洋環境開始出現變化，魚群逐漸散開，遠處出現陰影，接著鏡頭拉近可以看到珊瑚開始白化，顏色從原本的鮮豔轉為灰白色。這時畫面中出現塑膠瓶與各種垃圾慢慢飄入海中，最後甚至堆積成一片垃圾的景象，整體色調也變得比較灰暗，營造出環境惡化的感覺。

在中段部分，畫面出現一隻被漁網纏住的海龜，行動受限、看起來非常無助，這一幕主要是讓觀眾更直接感受到海洋污染對生物帶來的影響。接著畫面出現人類的介入，一名潛水員伸手進入畫面，將纏住海龜的漁網剪開，幫助牠脫困，象徵人類開始意識到問題並採取行動。

在後續的畫面中，可以看到潛水員持續清理海底垃圾，並將廢棄物裝入袋中，同時也出現設置人工礁石的畫面，代表除了清除污染之外，也開始進行環境修復。隨著這些行動的進行，畫面逐漸轉為明亮，海底環境慢慢恢復，魚群重新出現，整體色彩也回到一開始的鮮豔狀態。

最後，畫面回到類似開頭的健康海洋景象，但多了一層恢復後的希望感，讓觀眾可以感受到即使環境受到破壞，只要人類願意改變與行動，還是有機會讓生態回到原本的樣子。

整體動畫透過強烈的前後對比與畫面轉換，從美好 → 破壞 → 修復三個階段來呈現，不需要太多文字說明，也能讓觀眾理解海洋污染的嚴重性，以及垃圾分類與減量的重要性，進而提升對環境保護的意識。

以下為此動畫情境設計與腳本規劃：

第 1 段影片：繁榮的起點 (The Beginning of Vitality)

首幀：陽光直射海面，尾幀：潛入水下，看見第一株鮮豔的珊瑚陽光海面。

中文：皮克斯風格的電影鏡頭。在晴朗的一天，從水下仰望，溫暖、金色的陽光穿透晶瑩剔透的藍色海面，在沙質海床上形成閃爍的光斑。幾條色彩鮮豔的魚在遠處游過。

English: Pixar style, cinematic shot. Looking up from underwater on a sunny day, warm, golden sunlight beams pierce through the crystal-clear blue sea surface, creating dancing caustic patterns on the sandy ocean floor. A few colorful fish swim in the distance.

Flow Prompt: The camera dives smoothly from the shimmering golden surface into turquoise water. Schools of fish flash by. Timmy glides into the frame with a wide smile, waving his flipper at the camera.

Timmy: "Wow! The ocean tastes so sweet today!"

珊瑚特寫

中文：皮克斯風格。鏡頭迅速潛入水下，聚焦在一株巨大的、色彩極其鮮豔的泡泡珊瑚上（螢光粉色和藍色）。Turtle Timmy（提米，一隻大眼睛的海龜）好奇地從珊瑚後方探出頭來。

English: Pixar style. The camera dives quickly underwater, focusing on a single, giant, colorful bubble coral (fluorescent pink and blue). Turtle Timmy (a young sea turtle with big, curious eyes) peaks out from behind the coral.

第 2 段影片：珊瑚礁的生命力 (Pulse of the Reef)

首幀：珊瑚礁特寫，尾幀：魚群突然散開，遠處出現陰影。

魚群與陰影

中文：皮克斯風格。Turtle Timmy 在一個生機勃勃的珊瑚礁中穿梭。突然，一大群霓虹魚驚恐地四散奔逃。在遠處深藍色的水中，出現了一個模糊、巨大的灰色陰影。

English: Pixar style. Turtle Timmy swims through a bustling coral reef. Suddenly, a large school of neon fish scatters in panic. In the distant deep blue water, a blurry, massive, grey shadow appears.

Flow Prompt: Timmy weaves through a forest of glowing pink and blue corals. A school of yellow fish swirls around him in a spiral. Timmy performs a joyful underwater barrel roll.

Timmy: "Hey guys! Catch me if you can!"

第 3 段影片：枯萎的先兆 (Signs of Decay)

首幀：海底遠景，尾幀：鏡頭拉近，發現珊瑚開始白化。

白化珊瑚

中文：皮克斯風格，特寫。鏡頭拉近到 Turtle Timmy（提米）的臉部，他看起來很困惑。他身後的珊瑚結構開始失去色彩，呈現出黯淡的灰白色 texture。

English: Pixar style, close-up. Camera zooms onto Turtle Timmy's face, who looks confused. The coral structure behind him is starting to lose color, taking on a dull, greyish-white texture.

Flow Prompt: The vibrant reef slowly loses its saturation, turning into a dull grey. Timmy slows down, tilting his head in confusion at the decaying coral as particles drift in the water.

Timmy: "Wait... where did all the rainbows go?"

第 4 段影片：白化的絕望 (Bleached Despair)

首幀：白化的珊瑚，尾幀：一個廢棄的塑料瓶緩緩飄過，蓋住鏡頭。塑料瓶蓋住鏡頭。

中文：皮克斯風格。Turtle Timmy 游過一堆蒼白、白化的珊瑚分支。一個破舊、透明的塑料瓶，上面貼著髒兮兮的標籤，緩緩從上方飄落，完全擋住了鏡頭。

English: Pixar style. Turtle Timmy swims past pale, bleached coral branches. A single, tattered, transparent plastic bottle with a dirty label slowly drifts down from above, completely obscuring the camera view.

Flow Prompt: A translucent plastic bottle drops from above, spinning slowly toward the camera. Timmy swims closer, his big eyes reflecting the shiny plastic surface.

Timmy: "Are you a new friend? Why are you so... shiny?"

第 5 段影片：垃圾的入侵 (The Plastic Tide)

首幀：塑料瓶特寫，尾幀：鏡頭拉開，展現海底堆積的垃圾山。海底垃圾山

中文：皮克斯風格。鏡頭從塑料瓶（圖像5）快速拉遠，展現出一個令人震驚的畫面：海底堆積如山的五顏六色、但骯髒的塑料廢棄物、廢棄漁網和輪胎。Turtle Timmy 在垃圾山旁顯得非常渺小和悲傷。

English: Pixar style. The camera zooms out rapidly from the plastic bottle (Image 5), revealing a shocking sight: a massive underwater mountain of colorful but dirty plastic waste, ghost fishing nets, and tires. Turtle Timmy looks very small and sad next to the debris pile.

Flow Prompt: The camera pulls back rapidly from the bottle to reveal a massive underwater heap of trash. Timmy looks tiny and lost in the murky, dark water.

Timmy: "Mom? It's getting dark... I'm scared."

第 6 段影片：受困的生靈 (Trapped Life)

首幀：垃圾山景觀，尾幀：一隻海龜被漁網纏住，緩緩游過。

Turtle Timmy 受困

中文：皮克斯風格，情緒化的特寫。Turtle Timmy（提米）在努力游泳，但他的右前鰭和脖子被一張廢棄的藍色漁網緊緊纏住。他大大的眼睛裡充滿了無助，動作緩慢而吃力。

English: Pixar style, emotional close-up. Turtle Timmy is trying to swim, but a discarded blue fishing net is tightly tangled around his right front flipper and neck. His big eyes are filled with helplessness, his movements slow and labored.

Flow Prompt: Close-up of Timmy's face. A blue fishing net is wrapped around his neck. He struggles desperately, his flippers creating bubbles rising to the surface.

Timmy: "I... I can't move... please, someone..."

第 7 段影片：拯救的手 (The Hand of Hope)

首幀：被困的海龜，尾幀：一雙穿著潛水裝的人手伸入畫面，剪斷漁網。  
剪斷漁網。

中文：皮克斯風格。一雙穿著藍色潛水服和黃色橡膠手套的人手伸手進入畫面。一隻手輕輕穩住受困的 Turtle Timmy，另一隻手拿著一把小剪刀，正在剪斷纏繞海龜的漁網。氣泡不斷升起。

English: Pixar style. A pair of human hands wearing blue wetsuit sleeves and yellow rubber gloves reaches into the frame. One hand gently steadies the trapped Turtle Timmy, while the other hand holds small scissors, cutting through the net. Bubbles are rising.

Flow Prompt: A bright flashlight beam cuts through the dark. A pair of gloved hands enters the frame. Scissors snip the net, and it slowly drifts away from Timmy.

Timmy: "Is that... a star falling from the surface?"

第 8 段影片：重獲自由 (Return to the Deep)

首幀：海龜重獲自由游向深處，尾幀：潛水員開始清理垃圾，裝入網袋。  
潛水員清理垃圾

繁體中文：皮克斯風格。Turtle Timmy (提米) 重獲自由，歡快地游向遠處溫暖的藍色深海。在背景中，幾名志工潛水員 (身穿彩色潛水裝) 正忙著將堆積的海底塑料垃圾裝入巨大的網袋中。

English: Pixar style. Turtle Timmy is free, happily swimming away into the warm blue deep sea in the background. Several volunteer divers (in colorful wetsuits) are busy stuffing the underwater pile of plastic debris into large mesh bags.

Flow Prompt: Timmy kicks his flippers powerfully, swimming upward toward the bright light. In the background, divers are busy collecting plastic into nets.

Timmy: "I'm so light! I'm free! Thank you!"

第 9 段影片：修復與重生 (Restoration)

首幀：乾淨的海床，尾幀：科學家在海底固定人工礁石。  
人工礁石與新珊瑚

繁體中文：皮克斯風格。鏡頭聚焦在一個由科學家放置的六角形金屬人工礁石結構上。Turtle Timmy (提米，現在很快樂) 好奇地看著一名志工潛水員用繩索將幾株鮮豔的幼年珊瑚固定在礁石上。海床變得乾淨了。

English: Pixar style. The focus is on a hexagonal metal artificial reef structure placed by scientists. Turtle Timmy (now happy) is curiously watching a volunteer diver fasten several small, vibrant coral fragments to the reef using ties. The sea floor is clean.

Flow Prompt: Time-lapse effect showing new colorful coral fragments being fixed onto an artificial reef. Timmy watches in awe as the grey seabed starts to glow with life.

Timmy: "Look! The reef is waking up! She's dancing again!"

第 10 段影片：循環與希望 (The Cycle of Hope)

首幀：人工礁石微距，尾幀：幼魚重新聚集，畫面回到第一段的明亮色彩。重生的珊瑚礁。

中文：皮克斯風格。回到第一段的明亮色彩。鏡頭聚焦在一個充滿活力的復育珊瑚礁。Turtle Timmy（提米，大眼睛、殼上有螢光紋路）正快樂地與一大群色彩繽紛的幼魚在珊瑚間玩耍。陽光再次穿透清澈的海面，光斑與第一段完美契合。

English: Pixar style. Back to the bright colors of the first scene. Focus on a thriving, restored coral reef. Turtle Timmy (with big eyes and neon shell markings) is happily playing between corals with a huge school of tiny, colorful fish. Sunlight again pierces the clear surface, matching the light pattern of Image 1.

Flow Prompt: The camera mimics the opening shot but with a more majestic and vibrant reef. Timmy winks at the camera and then dives deep into the healthy coral garden.

Timmy: "Welcome home! Let's stay together forever!"



圖4.32 環保動畫畫面



圖4.33 環保動畫畫面

### 4.4.3 The disappearing trash monster

The Disappearing Trash Monster 這支動畫是以城市環境與垃圾問題為主題，透過情境故事的方式呈現人類的生活習慣如何影響環境，並帶出垃圾減量與環保行動的重要性。整體風格採用類似皮克斯風格的 3D 動畫，畫面色彩鮮豔，角色表情豐富，讓內容更有吸引力，也比較容易讓人投入故事情境中。

影片一開始，在繁忙的城市中出現了一隻由大量一次性餐具與塑膠垃圾組成的巨大怪獸，居民因為恐慌四處逃跑。接著畫面呈現出一個關鍵情境：人們在慌亂中，反而把手中的垃圾丟向怪獸，結果讓怪獸越變越大，象徵垃圾問題其實是因為人類不斷製造與丟棄垃圾所累積出來的。

在問題逐漸惡化時，三位主角站出來，分別代表不同特質（行動力、理性與關懷），並拿著環保用品作為象徵，帶出改變行為的概念。接著，主角們開始採取行動，利用環保工具將怪獸困住，並發現怪獸內部的核心其實是因為長期累積垃圾而失控，透過清理與減少的方式來讓問題改善。

隨著核心被淨化，怪獸開始逐漸縮小，從原本巨大且具有破壞力的存在，變成一個無害的小生物，象徵當垃圾問題被正確處理後，其實是可以被控制甚至轉化的。接著畫面出現垃圾轉化為自然元素的情境，例如變成花朵

或泡泡，讓整體氣氛從緊張轉為溫和，也帶出「垃圾可以再利用或轉變」的概念。

在最後，整個城市環境也隨之改變，從原本灰暗的街道逐漸轉為充滿綠意的空間，居民開始利用回收物製作樂器或進行活動，呈現出人與環境重新取得平衡的畫面。最後，主角與小怪獸在自然環境中互動，象徵人類與環境可以共存，也帶出未來可以持續改善的希望。

整體動畫透過問題產生 → 問題擴大 → 解決行動 → 環境改善的流程，讓觀眾可以清楚理解垃圾問題的成因與解決方式。相比單純的說明，透過故事與角色的呈現，可以讓觀眾更容易產生共鳴，也更能理解減少垃圾與環保行動的重要性。

以下為此動畫情境設計與腳本規劃：

第 1 段：怪獸登場 (The Trash Beast Appears)

視覺描述：陰沉、骯髒的繁忙城市街頭。灰濛濛的天空下，一隻龐大得令人窒息的怪獸正在咆哮。這隻怪獸並非血肉之軀，而是由無數被遺棄的一次性塑膠餐具、髒兮兮的塑膠袋、保麗龍盒與破舊寶特瓶扭結而成的醜陋聚合體。它每一次沉重的步伐都讓地面震動，居民們驚慌失措地四處奔逃，身後的摩天大樓在怪獸的身影下顯得渺小。

音效：巨獸咆哮、沉重步伐聲、驚慌尖叫聲。

AI Prompt (提示詞):

Pixar-style 3D animation, giant terrifying monster composed entirely of discarded single-use plastic cutlery, bags, and food containers, rampaging in a bustling, polluted city street. Dark, chaotic atmosphere. Panicked citizens running away in the background. High saturation on the trash elements, detailed textures.

第 2 段：餵食危機 (Feeding the Habit)

視覺描述：鏡頭拉近。市民們在恐慌中，竟然下意識地將手中剛用完的午餐餐盒、飲料杯等垃圾，瘋狂地丟向怪獸。怪獸張開由廢紙板組成的巨口，貪婪地吞噬著這些垃圾。隨著垃圾的湧入，怪獸的身體像被充氣的氣球般迅速膨脹，體內閃爍著不穩定的危險霓虹光芒（就像霓虹燈管即將爆裂），體型變得更加龐大、更具威脅。

音效：吞噬聲、霓虹電力嗡鳴聲。

AI Prompt (提示詞):

Pixar-style 3D animation, close-up. Panicked citizens are reflexively throwing their plastic trash at the monster. The monster, a mass of plastic waste, eagerly swallows the trash. Its body swells up rapidly like a balloon, and dangerous, unstable neon lights flash from within its core. High dynamic range, expressive panic.

第 3 段：守護者出現 (Guardians Arrive)

視覺描述：在混亂的人群中，三位主角逆著人流堅定地站了出來。女孩 A (Yellow Jacket) 站在最前面，眼神果斷；男孩 (Glasses) 和女孩 B (Curly Hair) 分立兩側。他們從背包中拿出自己的環保裝備——環保吸管、不鏽鋼杯和布提袋。這些普通的物品在他們手中，突然發出了溫暖、純淨且耀眼的藍色光芒，像是一股清流，與周圍的骯髒形成強烈對比。

AI Prompt (提示詞):

Pixar-style 3D animation. The three main characters push through the panicked crowd and stand firm. The girl in the yellow jacket (determined expression), the boy with glasses (calm), and the curly-haired girl (soft look). They hold up reusable items (stainless steel straws, cups) that are glowing with a warm, pure blue light. Low angle shot, heroic posing.

#### 第 4 段：武器轉化 (The Girl Rushes Forward)

視覺描述：女孩 A (Yellow Jacket) 勇敢地衝向正在肆虐的巨大怪獸。她用力扔出一個平凡的環保布提袋。提袋在空中劃出一道藍色光弧，奇蹟般地迅速擴張，轉化成一張巨大的、發著強烈藍光的發光網子，像是一個光之結界，精準地罩向怪獸的頭部。

台詞：男孩 (Glasses): "Go for it! The net is opening!" (衝啊！網子展開了！)

AI Prompt (提示詞):

Pixar-style 3D animation. The girl in the yellow jacket rushes towards the giant trash monster. She throws a canvas reusable bag that magically expands in mid-air into a giant, glowing blue net made of light. The net is about to ensnare the creature. Action shot, dynamic composition, vibrant energy effects.

#### 第 5 段：核心淨化 (Discovering the Rampaging Core)

視覺描述：藍光網子暫時束縛了怪獸。女孩 A (Yellow Jacket) 抓住網子，爬上怪獸身體。透過塑膠袋和寶特瓶的縫隙，她看到了怪獸體內——一顆過熱、冒著火花、瘋狂爆走的電子廢棄物核心電池。此時，女孩 B (Curly Hair) 和 男孩 (Glasses) 在下方協力舉起環保杯，環保杯射出一股純淨、閃亮的水流，準確地沖洗著核心電池。水流接觸到核心時，火花平息，暴走的紅色光芒轉變為平穩的藍光。

台詞：女孩 B (Curly Hair): "Quick! Wash it with the pure water!" (快！用純淨水沖洗它！)

AI Prompt (提示詞):

Pixar-style 3D animation. The girl in the yellow jacket is clinging to the trapped monster, looking through a gap in the plastic waste to see a rampaging, sparking battery core. Below, the boy and the curly-haired girl are aiming a reusable cup that shoots a beam of pure, sparkling water to wash and soothe the core. Dramatic lighting, contrast between fire and water.

#### 第 6 段：怪獸縮小術 (The Great Shrink)

視覺描述：隨著核心被淨化，整隻巨大怪獸開始劇烈震動。原本組成身體的塑膠餐具、袋子開始像落葉般成片脫落。怪獸的體積迅速縮小，從一座小山變成了一隻巴哥犬大小、表情困惑、身體依舊由少量廢料組成的「廢料小怪」。它站在一堆脫落的垃圾中間，無辜地看著孩子們。

台詞：女孩 B (Curly Hair): "Now you're just a little guy!" (現在你只是個小傢伙了！)

AI Prompt (提示詞):

Pixar-style 3D animation. The giant monster is violently shaking, shedding huge amounts of plastic waste. It rapidly shrinks down to the size of a pug, transforming into a small, confused-looking creature still made of some recycled scraps. It stands amidst a pile of shed plastic. The children look on, surprised. Cute but messy.

#### 第 7 段：神奇的分解 (Bubble Magic)

視覺描述：這隻「廢料小怪」打了一個嗝，突然吐出一團彩色雲朵般的氣體。這團雲朵瞬間分裂，變成無數個飄浮的彩色泡泡。神奇的是，每個泡泡內都包裹著一顆鮮豔的小花朵或一片嫩葉。孩子們興奮地看著泡泡飄滿空，笑著用手去接。

台詞：男孩 (Glasses): "Don't pop them! Let them fly!" (別弄破它們！讓它們飛吧！)

AI Prompt (提示詞):

Pixar-style 3D animation. The small scrap creature burps out a cloud of colorful smoke that turns into numerous magical bubbles. Inside each floating bubble is a small, vibrant flower or green leaf. The three children are laughing and trying to catch the bubbles. Bright, whimsical, magical atmosphere.

#### 第 8 段：未來的約定 (Picnic for Tomorrow)

視覺描述：故事的結尾，在城市邊緣一片陽光灑落的茂密新森林中。三位主角與那隻已經變得乾淨、友善的小廢料怪獸在草地上野餐。他們全部使用環保餐具。女孩 A (Yellow Jacket) 溫馨地看著坐在旁邊吃著水果的小怪獸，眾人高舉環保杯乾杯，畫面定格在他們幸福、承諾的笑容上，陽光透過樹葉在他們臉上撒下光斑。

台詞：

女孩 A (Yellow Jacket): 「你可別再變回怪獸了！」

男孩 (Glasses): 「乾杯！為了乾淨的地球！」

女孩 B (Curly Hair): 「我們約好了！」

AI Prompt (提示詞):

Pixar-style 3D animation. The three main characters and the small, now-cleaner scrap creature are having a picnic in a sun-dappled, lush forest. They are using only reusable items. The girl in the yellow jacket looks warmly at the creature. They all raise their stainless steel cups in a toast. Golden hour lighting, heartwarming, peaceful final shot.



圖4.34 環保動畫畫面



圖4.35 環保動畫畫面

### 4.4.4 Recycle squad the core hunter

Recycle squad the core hunter 這是一支以城市垃圾問題為背景的情境動畫，透過角色與故事的方式，呈現垃圾累積所帶來的影響，以及正確分類與處理的重要性。整體風格採用類似皮克斯風格的 3D 動畫設計，畫面色彩鮮明，角色動作與表情較為活潑，讓內容在傳達環保概念的同時，也能提升觀看的趣味性。

動畫主角為一台名為 Unit 77 的回收機器人，以球形外觀搭配雙輪移動的設計呈現，象徵智慧與效率。故事一開始，Unit 77 在城市中進行日常巡邏，負責偵測與回收未分類的垃圾，呈現出一個原本正常運作的環境。

隨著劇情推進，城市中突然出現異常狀況，大量垃圾堆積並開始震動，最終形成一個由廢棄物組成的巨大垃圾怪獸。這個情節象徵當垃圾問題長期被忽視與累積時，會逐漸演變成難以控制的環境危機。面對突如其來的威脅，Unit 77 從一開始的驚慌逃跑，轉為分析與判斷，帶出從問題發現到尋找解決方式的過程。

在過程中，Unit 77 透過掃描功能找出怪獸的核心弱點，發現關鍵問題來自於未處理的垃圾物件。接著透過行動與操作，將核心移除，使原本失控的垃圾怪獸逐漸瓦解，並轉化為整齊分類的回收物，象徵垃圾在被正確處理後，其實可以重新回到可利用的狀態。

在結尾部分，城市環境恢復乾淨，居民重新出現並參與分類行動，整體氛圍轉為明亮且正向。Unit 77 作為象徵性的角色，不僅完成任務，也傳達出每個人都可以參與環保的概念，讓故事從單一角色行動延伸到整體社會的改變。

整體動畫透過問題出現 → 危機擴大 → 尋找解法 → 成功解決的流程，將原本較抽象的垃圾問題轉換成具體且具情境的故事內容。透過角色、畫面與情節的結合，不僅讓觀眾更容易理解垃圾分類的重要性，也讓環保概念變得更有意思且更容易被接受。

以下為此動畫情境設計與腳本規劃：

第 1 幕：靈活巡邏

視覺描述 (Prompt)：3D Pixar style, 16:9, Unit 77 yellow spherical robot balanced on TWO parallel large wheels, NO LEGS, driving smoothly, picking up a coffee cup, colorful city, sunny day.

聲音提示：[Calm, curious, cute robotic beep]

台詞：

中：「（電子音）嗶！偵測到未分類目標。」

英：”(Electronic sound) Beep! Unsorted target detected.”

第 2 幕：大地顫動

視覺描述 (Prompt)：3D Pixar style, 16:9, Unit 77 yellow spherical robot balancing on two wheels, suddenly stopping and tilting back to stabilize, trash mountain shaking behind, intense atmosphere, NO LEGS.

聲音提示：[Confused, slightly glitched electronic sound, high-pitched alert]

台詞：

中：「（疑惑）偵測到不明震動... 警告：垃圾量超出掃描範圍！」

英：”(Confused) Detecting unknown vibrations... Warning: Trash volume exceeds scanning range!”

第 3 幕：巨獸現身

視覺描述 (Prompt)：3D Pixar style, 16:9, giant trash monster rising, Unit 77 yellow spherical robot tilting back looking up at the monster, two wheels spinning nervously, NO LEGS, epic scale.

聲音提示：[Fearful, trembling synthetic voice, awe-struck]

台詞：

怪獸：「（吼——！）」

中：「這絕對不是一般的資源回收問題...」

英：”(Monster Roar: ROAR—!) This is definitely not a standard recycling issue...”

第 4 幕：生存本能

視覺描述 (Prompt)：3D Pixar style, 16:9, giant trash monster in background leans forward and charges directly at the camera, fast-paced motion. In foreground, Unit 77 yellow spherical robot on two wheels spins 180 degrees rapidly, tires smoking and kicking up dust, blasting off forward at extreme speed, comical panic face, motion blur, dramatic chase perspective.

聲音提示：[Panic, fast-talking, screaming electronic glitch sound]

台詞：

中：「救命啊！我的程式碼裡沒有寫怎麼對付哥吉拉！」

英：”Help! There’s nothing in my source code about fighting Godzilla!”

第 5 幕：極速穿梭

視覺描述 (Prompt)：3D Pixar style, 16:9, fast-paced chase, Unit 77 yellow spherical robot leaning forward at a steep angle to accelerate, zigzagging through alleys on two wheels, NO LEGS, trash monster smashing buildings behind.

聲音提示：[Strained, shouting over wind noise, energetic]

台詞：

中：「別追了！我保證下次會把你壓扁再丟掉！」

英：”Stop chasing me! I promise I’ll crush you before throwing you away next time!”

第 6 幕：弱點掃描

視覺描述 (Prompt)：3D Pixar style, 16:9, dynamic POV from Unit 77, digital UI scanning, tracking a red target on a dirty soda can inside the monster’s chest, high-tech interface.

聲音提示：[Determined, analytical, fast processing beeps]

台詞：

中：「鎖定目標！那罐髒汽水就是它的弱點。看我把你揪出來！」

英：”Target locked! That dirty soda can is the weak spot. Time to pull you out!”

第 7 幕：優雅迴轉

視覺描述 (Prompt)：3D Pixar style, 16:9, Unit 77 yellow spherical robot doing a sharp pivot turn on its two wheels, arm transforming into a grappling hook, NO LEGS, determined face, glowing blue details.

聲音提示：[Cool, heroic, deep metallic resonance]

台詞：

中：「是時候完成這份... 最後的分類任務了。」

英：”It’s time to complete... this final sorting mission.”

### 第 8 幕：精準突擊

視覺描述 (Prompt)：3D Pixar style, 16:9, Unit 77 yellow spherical robot performing a high-speed 180-degree turn on two wheels while chasing. It extends a mechanical arm and spins a glowing blue grappling hook rapidly above its head like a cowboy's lasso, sparks flying from its tires. Then it throws the hook forward with precision, snagging the dirty soda can inside the monster's chest. High-speed action, dynamic camera movement, NO LEGS.

聲音提示：[Heroic, energetic cowboy-style shout, metallic spinning sound, mechanical latching sound]

台詞：

中：「嘿哈！抓到你了！」

英：”Yee-haw! Gotcha!”

### 第 9 幕：塵埃落定

視覺描述 (Prompt)：3D Pixar style, 16:9, giant trash monster collapsing instantly into neat recycling cubes as the core is removed, waterfall of debris, Unit 77 yellow spherical robot standing on two wheels, breathing heavily in relief, metallic trembling, warm sunset light, peaceful transition.

聲音提示：[Deep synthetic exhale, relieved sigh, slightly shaky robotic voice]

台詞：

中：「（大口喘氣電子音）呼... 好險... 我的記憶體差點就要嚇到燒掉了！」

英：”(Heavy robotic breathing) Phew... That was close... My memory chips almost fried from fear!”

### 第 10 幕：完美結局

視覺描述 (Prompt)：3D Pixar style, 16:9, wide shot of a colorful clean city street. Diverse Pixar-style residents coming out of houses, clapping and cheering for Unit 77. People of all ages holding cleaned recyclables and placing them neatly into sorted cubes. Unit 77 balancing on two wheels in the center, giving a big thumbs up with heart-shaped eyes. Warm, golden sunset lighting, flowers blooming, happy communal ending, NO LEGS.

聲音提示：[Crowd cheering, enthusiastic clapping, joyful music swelling, final triumphant robotic beep]

台詞：

中：「任務達成！大家記得... 要好好分類喔。嗶！」

英：”Mission complete! Everyone... remember to sort your trash properly. Beep!”



圖4.36 環保動畫畫面



圖4.37 環保動畫畫面

#### 4.4.5 Sparky's mission an eco miracle

Sparky's mission an eco miracle 是一支以垃圾問題與環境修復為主題的情境動畫，透過一個小型回收機器人的視角，帶出垃圾污染的嚴重性，以及透過正確回收行動所帶來的改變。整體風格採用皮克斯風格的 3D 動畫設計，畫面細節豐富，搭配角色表情與光影變化，讓故事更有情感與帶入感。

故事主角是一台名為 Sparky 的發條式小機器人，外型雖然有點老舊，但具有靈活與努力不放棄的特質。動畫一開始，Sparky 從一堆垃圾中掙扎爬出來，帶出他所在的環境其實已經被大量廢棄物覆蓋。接著鏡頭拉遠，可以看到整片區域都是無止盡的垃圾山，呈現出環境被污染後的樣貌，也讓觀眾感受到問題的嚴重性。

在移動的過程中，Sparky 不小心陷入機油形成的污染區域，象徵環境問題不只是表面的垃圾，還包含更難處理的污染物。當他陷入困境時，畫面出現一道光照在回收標誌上，讓他開始意識到解決問題的方向，這個情節也代表回收與分類是改善環境的重要關鍵。

接著 Sparky 透過自身的力量與發條機構成功脫困，並開始主動清理周圍的垃圾。他利用簡單的工具與方式，一步一步整理環境，從原本混亂的垃圾堆中開出一條乾淨的路徑，象徵即使力量很小，只要持續行動，也能帶來改變。

在後段部分，Sparky 將撿起的回收物正確投入回收桶中，完成分類的動作。這個過程看似簡單，但透過動畫呈現，強調每一個分類行為其實都具有意義。最後，畫面出現一株從土地中長出的綠色嫩芽，代表環境開始恢復，也象徵希望的出現。

整個動畫透過污染環境 → 遭遇困境 → 發現方法 → 採取行動 → 環境改善的流程，讓觀眾可以清楚理解垃圾問題與回收行動之間的關係。相較於直接說明，透過角色與故事的方式呈現，不僅更容易讓人產生共鳴，也能讓環保概念更自然地接受與理解。

以下為此動畫情境設計與腳本規劃:

第一幕：逃出生天 (The Escape) (0:00 - 0:08)

視覺描述 (Visual Description): 鏡頭對準一座巨大的混合垃圾堆。突然間，垃圾堆開始晃動並發出聲響。小機器人史帕基 (Sparky) 奮力撥開厚重的紙板與塑膠袋，從垃圾堆底層爬出。他艱難地爬上頂部，碩大的藍色 LED 眼睛閃爍幾下後亮起。他抖落身上的灰塵，跨出了第一步搖晃且充滿金屬感的步伐。背景籠罩在朦朧的晨光中，細膩的生鏽質感在光線下清晰可見。

影片生成指令 (Visual Prompt):

Style: Pixar-style 3D, 16:9. Medium shot. A massive pile of mixed trash. Suddenly, the pile shifts and rattles. Sparky (rusty clockwork robot) pushes his way out from under a layer of old cardboard and plastic bags. He struggles to the top of the mound, his large blue LED eyes flicker to life and blink. He shakes off some dust, takes his first shaky, metallic step forward. Hazy morning light, detailed rusty textures.

台詞與節奏安排 (Dialogue & Timing):

0:00 - 0:04: (無台詞) 動作：從垃圾堆中奮力爬出並站穩。

0:05 - 0:08: Sparky: 「 "...Where am I?" 」 (...我在哪裡?)

### 第二幕：無盡荒原 (The Infinite Horizon) (0:08 - 0:16)

視覺描述 (Visual Description): 採取對切運鏡 (Match Cut)，起初聚焦於史帕基行走的小小金屬腳，隨後鏡頭緩慢拉遠並向上平移，展現他的完整視角。史帕基停在一處由廢金屬壓縮而成的陡峭斷崖邊。在他面前，是一片無邊無際、末世般的垃圾海，垃圾山一直延伸到朦朧的地平線。在宏大的景觀對比下，史帕基顯得渺小而脆弱。他的藍色眼睛因震撼而放大，倒映著壯觀的廢棄物山巒，背後的發條鑰匙發出孤獨且微弱的吱吱聲。

影片生成指令 (Visual Prompt):

Style: Pixar-style 3D, 16:9. Match Cut: Start with Sparky's small metallic feet walking forward. The camera slowly zooms out and pans up to reveal his full perspective. Sparky stops at the edge of a steep cliff made of compressed scrap metal. Before him lies an endless, post-apocalyptic sea of garbage mountains stretching all the way to the hazy horizon. The scale is overwhelming. Sparky looks tiny and fragile against the massive landscape. His blue LED eyes widen, reflecting the mountains of waste. His wind-up key on his back turns slowly with a weak, lonely creak.

台詞與節奏安排 (Dialogue & Timing):

0:00 - 0:04: (無台詞) 動作：持續行走，直到停在崖邊，攝影機拉開展示壯闊全景。

### 第三幕：黏稠陷阱 (The Sticky Trap) (0:16 - 0:24)

視覺描述 (Visual Description): 鏡頭特寫史帕基行走中的雙腳。突然間，他的左腳陷入了一灘黏稠、閃爍著黑色光澤的廢機油中。他猛然停住，低頭試圖拔出腿部，但機油像黏性的黑色太妃糖一樣被拉長。史帕基失去平衡，鉗狀手掌撐進油坑中，身體陷入泥濘。恐懼充盈了他的 LED 眼睛，高對比的光影投射在油亮且帶有倒影的油坑表面。

影片生成指令 (Visual Prompt):

Style: Pixar-style 3D, 16:9. Close-up on Sparky's metallic feet as he walks. Action: His left foot suddenly sinks into a thick, shimmering puddle of pitch-black motor oil. He stops abruptly, looks down, and tries to pull his leg back, but the oil stretches like sticky black taffy. He loses balance, his small pincer hands splash into the oily puddle to brace himself. He is now struggling, half-stuck in the viscous liquid. Panic fills his large blue LED eyes. High-contrast lighting with oily reflections.

台詞與節奏安排 (Dialogue & Timing):

0:00 - 0:03: (無台詞) 動作：踩入機油，身體猛然一頓。

0:04 - 0:05: (無台詞) 動作：拼命轉動發條，試圖拔出腳，發出焦急的「吱吱」聲。

0:06 - 0:08: Sparky: 「"No, no... Move! Please!"」 (不、不！動起來呀！求求你！)

### 第四幕：微光的指引 (The Whispering Sign) (0:24 - 0:32)

視覺描述 (Visual Description): 極特寫鏡頭。史帕基半個身體卡在機油坑中，呼吸沉重，塗滿黑油的手掌向前探索。一束溫暖、金黃的強光穿透霧霾，照射在他手邊的一件髒污金屬物體上。油面在光照下反射出虹彩般的藍綠光芒。史帕基停止掙扎，用另一隻手撥開髒報紙，下方顯露出一塊乾淨、帶有

浮雕的「回收標誌」，綠色箭頭柔和地閃爍著。他的眼睛在認出標誌後變得柔和。

影片生成指令 (Visual Prompt):

Style: Pixar-style 3D, 16:9. Extreme close-up. Sparky is half-stuck in a thick puddle of shimmering, pitch-black motor oil. Action: He is breathing heavily, his metal pincer hand coated in a slick, oily film as he reaches forward. A single beam of intense, warm, golden sunlight suddenly pierces the smog, hitting a dirty metallic object near his hand. The light makes the oily surface of the puddle reflect dramatic, iridescent blues and greens. Sparky stops moving and uses his other hand to brush away a dirty piece of newspaper. Beneath it, a clean, embossed "Recycle" symbol is revealed, its green arrows glowing softly. His LED eyes soften in recognition.

台詞與節奏安排 (Dialogue & Timing):

0:00 - 0:04: (無台詞) 動作：停止掙扎，好奇地撥開報紙。

0:05 - 0:08: Sparky: "What is this...? I... I recognize this." (這是什麼...? 我...我認得這個。)

第五幕：意志的覺醒 (The Powerful Escape) (0:32 - 0:40)

視覺描述 (Visual Description): 特寫史帕基堅定的臉龐，隨後俯瞰他沾滿機油的手臂。他不再盲目掙扎，而是雙手向後握住生鏽的發條鑰匙。他用力且緩慢地轉動，金屬因張力而呻吟。隨著一聲強力的「喀噠」聲，發條鎖定。他以回收標誌金屬板為支點，奮力向上蹬。黏稠的機油像黑色橡皮筋一樣拉長後斷裂噴濺。史帕基翻滾回乾淨的地面，終於重獲自由。

影片生成指令 (Visual Prompt):

Style: Pixar-style 3D, 16:9. Close-up on Sparky's determined face, then panning down to his oil-covered arm. Action: He stops struggling blindly. He reaches back with both metallic pincer hands and grips his rusty wind-up key. He turns it slowly and forcefully; the metal groans under the tension. With a loud, powerful CLICK, the key locks. He uses the recycle-symbol plate as a solid base, pushes off the ground, and violently yanks his leg upward. The thick, pitch-black motor oil stretches like sticky black elastic bands before snapping and splashing back into the puddle. Sparky rolls back onto the clean ground, free at last. High-contrast lighting on the glistening black oil strings.

台詞與節奏安排 (Dialogue & Timing):

0:32 - 0:40: (無台詞) 動作：專注於展現奮力拚搏與掙脫陷阱的動作過程。

第六幕：創意的開拓 (Creative Clearing) (0:40 - 0:48)

視覺描述 (Visual Description): 動態低角度蒙太奇。重獲力量的史帕基不再疲憊，而是充滿靈感。他將廢棄鐵絲鉤在背後的發條上，利用發條馬達當作小型絞盤，拖開沉重的油污塑膠籃。鏡頭跟隨他在高聳的罐頭山間穿梭，利用碎鏡片反射陽光觀測前方路徑。他將鋁罐踢成整齊的堆疊，一條狹窄卻乾淨的小徑在雜亂的景觀中延伸而出。夕陽餘暉灑在他紅銅色的身體上，閃耀如英雄的鎧甲。

影片生成指令 (Visual Prompt):

Style: Pixar-style 3D, 16:9. Dynamic low-angle montage. Action: Sparky is no longer exhausted; he is inspired. He hooks a discarded rusty wire to his back winding key, using his own clockwork motor like a miniature winch to drag a heavy, oil-stained plastic crate out of the way. The camera follows him as he scurries between

towering cans, using a piece of broken mirror to reflect sunlight and scout the path ahead. He kicks a soda can into a neat pile, and a narrow, surprisingly clean path begins to snake through the dark, messy landscape. The warm sunset glow makes his rusty copper body shine like a hero's armor.

台詞與節奏安排 (Dialogue & Timing):

0:00 - 0:08: Sparky : (富有節奏感的勞動低吟與自信的哼唱聲) 「"(Determined, rhythmic mechanical grunts and a soft, confident hum)"」 (嘿咻! 嘿咻! ... 嗯哼!)

第七幕：使命的達成 (The Act of Purpose) (0:48 - 0:56)

視覺描述 (Visual Description): 中景鏡頭。史帕基站在山巔邊緣，雖然矮小生鏽卻站得挺拔。在他面前是一個巨大、潔淨、翡翠綠色的回收桶，其表面反射著絕美的橘色夕陽。史帕基發出規律的冷卻風扇聲，雙手捧著一個乾淨透明的塑膠瓶。他高舉瓶子，溫柔地注視後，輕輕將它投進圓形的回收口。鏡頭跟隨瓶子慢動作落下，光影顯得神聖且充滿希望。

影片生成指令 (Visual Prompt):

Style: Pixar-style 3D, 16:9. Medium shot. Sparky stands at the very edge of the peak, small and rusty but standing tall. In front of him is the massive, clean, emerald-green Recycling Bin, its surface reflecting the stunning orange sunset like a sanctuary. Sparky is breathing in small, rhythmic mechanical puffs. Action: He holds a single, clean, transparent plastic bottle with both pincer hands. He lifts it high, gazes at it with soft LED eyes, and gently pitches it into the dark circular opening. The camera follows the bottle's slow-motion fall. The lighting is ethereal and golden.

台詞與節奏安排 (Dialogue & Timing):

0:00 - 0:04: (無台詞) 動作：深深看著手中的瓶子，做最後的告別。

0:05 - 0:08: Sparky : 「"This. This is what I was meant to do."」 (這就是...我該做的事。)

SFX: (咚!)

第八幕：明日的萌芽 (The Sprout of Tomorrow) (0:56 - 1:04)

視覺描述 (Visual Description): 電影感廣角遠景。夜晚來臨，天空佈滿璀璨的星系。在寂靜的垃圾堆中，那條清掃出來的小徑清晰可見。史帕基平靜地坐在地上，身旁站著一株從泥土中長出的、充滿生命力的翠綠嫩芽。他背後的發條鑰匙悠閒地轉動，發出微弱且安詳的吱吱聲。星光照亮了他充滿希望的臉龐，畫面在寧靜中定格。

影片生成指令 (Visual Prompt):

Style: Pixar-style 3D, 16:9. Wide cinematic long shot. Night time, the sky is filled with a galaxy of stars. Below, in the silent trash piles, a narrow, clean path is visible. Sparky sits peacefully on the clean ground, side-by-side with a small, vibrant green sprout that is growing out of the earth. His back wind-up key turns slowly and peacefully, making a gentle creak...creak sound. The starlight illuminates his peaceful face.

台詞與節奏安排 (Dialogue & Timing):

0:56 - 1:04: Sparky : 「"Tomorrow... will be better."」 (明天，會更好的。)



圖4.38 環保動畫畫面



圖4.39 環保動畫畫面

## 第五章 結論與未來展望

本研究完成了一套結合人工智慧影像辨識的智慧垃圾分類系統，讓使用者可以透過拍照的方式快速判斷垃圾類別，並同時獲得一些分類的小提醒與知識。在實際操作上，系統介面設計以簡單直覺為主，不需要下載額外程式，只要透過瀏覽器就可以使用，對一般使用者來說門檻不高，也比較容易在校園或日常生活中推廣。模型在多次訓練與調整後，辨識結果已經有一定的準確度，大部分情況下都可以提供參考，幫助使用者在不確定時做出比較正確的分類判斷，也能減少錯誤分類的情況。

除了基本的辨識功能之外，我們也加入了垃圾知識推廣、互動遊戲與環保動畫等內容，讓整個系統不會只有單一功能。在垃圾知識推廣的部分，透過分類小知識與垃圾減量 TIPS，讓使用者可以快速了解不同垃圾應該怎麼處理，以及日常生活中可以怎麼減少垃圾；在互動遊戲的部分，透過分類挑戰和情境式設計，讓使用者可以用比較輕鬆的方式練習分類，也比較不容易覺得無聊；而在環保動畫的部分，則透過故事和畫面呈現環境議題，讓使用者可以更直觀地理解垃圾分類對環境的影響。希望透過這些設計，讓使用者不只是會分類，也能慢慢了解背後的原因。

在製作過程中，我們也發現影像辨識還是會受到光線、拍攝角度或物品外觀相似度的影響，有時候可能會出現判斷不夠準確的情況，所以目前這個系統比較適合作為輔助工具，而不是完全取代人工判斷。未來如果能持續增加資料集的多樣性，例如加入不同環境、不同狀態的垃圾圖片，應該可以讓辨識效果更穩定。另外，也可以再細分垃圾類別，或加入更多特殊回收項目，讓系統更完整。

在功能方面，未來也可以再做延伸，例如增加更多知識內容或遊戲關卡，讓使用者可以持續學習；也可以加入使用紀錄功能，像是統計辨識次數或分類狀況，甚至做成簡單的任務或成就系統，增加使用的動機。如果能和學校課程或環保活動結合，讓學生透過實際操作來學習垃圾分類，應該也會更有幫助。

這個專題除了技術上的實作之外，也希望能對環境教育帶來一些幫助，讓垃圾分類這件事情變得更簡單、更直覺，也更容易被大家實際做到。雖然目前還有一些需要改進的地方，但已經有基本的應用雛形，如果之後可以持續優化，應該有機會發展成更完整、也更實用的系統。

成果展示，系統網頁連結：<https://yicn-stack.github.io/smart-trash-ai/>



圖4.40 系統 QRCode

## 參考文獻

- [1] 垃圾量仍增且燒最多 兩張圖表看2022年台灣垃圾處理現況。擷取自2025/10/12：[https://e-info.org.tw/node/237224?utm\\_source](https://e-info.org.tw/node/237224?utm_source)
- [2] 日本的垃圾分類，比想像中更“龜毛”！擷取自2025/10/12：<https://share.google/Cxx61X0rqjg3VoWwB>
- [3] 循環台灣基金會-德國。擷取自2025/10/12：<https://circular-taiwan.org/city/germany/>
- [4] 讓垃圾丟對丟好！他們用 3 招提升回收正確率。擷取自2025/10/15：[https://www.seinsights.asia/article/9088?utm\\_source](https://www.seinsights.asia/article/9088?utm_source)
- [5] 分類準確率高達 90%！TrashBot 推 18 萬元 AI 垃圾桶，讓消費者「無腦」丟垃圾。擷取自2025/10/15：<https://technews.tw/2022/09/11/clean-robotics-trashbot/>
- [6] iTrash官方網站。擷取自2025/10/15：<https://www.itrash.com.tw/>
- [7] 資源回收小撇步，分類指南報您知。擷取自2025/10/16：[https://recycle.epb.taichung.gov.tw/recyng/recyng\\_11.asp](https://recycle.epb.taichung.gov.tw/recyng/recyng_11.asp)
- [8] 湯景麟(2010) 環境教育對國小學童垃圾分類的知識、態度、行為之影響—以台中縣大雅國小六年級學生為例(碩士論文，大葉大學)。臺灣博碩士論文加值系統。擷取自2025/10/16：<https://hdl.handle.net/11296/b6m3yc>
- [9] 黃勝豐(2021) 智慧分類垃圾桶之研究與實作(碩士論文，明新科技大學)。臺灣博碩士論文加值系統。擷取自2025/10/16：<https://hdl.handle.net/11296/d93n74>
- [10] 大同大學AI小幫手揪亂丟垃圾者 環保人員72小時工作量縮減至6小時。擷取自2025/10/16：<https://www.cna.com.tw/news/ahel/202504070032.aspx>
- [11] Google Teachable Machine擷取自2025/11/13：<https://teachablemachine.withgoogle.com/>
- [12] Kaggl Datasets擷取自2025/12/01：<https://www.kaggle.com/datasets>
- [13] Playreal擷取自2026/01/31：<https://build.playreal.city/login>
- [14] Gazai AI擷取自2026/01/31：<https://www.gazai.ai/zh-TW>
- [15] GitHub擷取自2026/01/31：<https://github.com/>
- [16] Google Flow擷取自2026/03/31：<https://labs.google/flow/about>
- [17] Clipchamp擷取自2026/03/31：<https://clipchamp.com/en/>

114  
學年度

嶺東科技大學

資訊管理系

智慧垃圾分類系統