

粵港澳大灣區背景下澳門中學 AI 教育特色化發展路徑探索——

菜農子弟學校的實證研究

Exploring the Development Pathways of Specialized AI Education in Macao Secondary

Schools under the Guangdong–Hong Kong–Macao Greater Bay Area: An Empirical Study of

Choi Nong Chi Tai School

江欽育

澳門菜農子弟學校

cnsunnykong@gmail.com

【摘要】 本研究以擴展技術接受模型探討一所澳門中學師生對生成式 AI 的接受度。採混合方法，量化檢驗感知有用性、易用性與使用態度、意圖之關聯，比較背景變項差異；質性分析學習效益、教學支援與風險看法。結果顯示，師生對 AI 持中高程度正向評價，感知有用性與易用性與實際/預期使用呈正相關，部分背景變項有顯著差異。師生肯定 AI 提升效率與創造力，亦憂慮依賴、抄襲與評量公信力，顯示學校推動 AI 時需兼顧規範與支持。

【關鍵字】 粵港澳大灣區；澳門中學；人工智能教育；技術接受模型；教師專業發展

Abstract: This study employs an extended Technology Acceptance Model (TAM) to investigate the acceptance of generative AI among a secondary school teachers and students in Macau. Using a mixed-methods approach, the quantitative strand examines the relationships among perceived usefulness, perceived ease of use, usage attitudes, and behavioral intentions, and compares differences across background variables; the qualitative strand analyzes perspectives on learning benefits, instructional support, and potential risks. Results indicate that participants hold moderately to highly positive attitudes toward AI, with perceived usefulness and ease of use positively correlating with actual or intended use, and significant differences emerging among certain background variables. Teachers and students affirm AI's capacity to enhance efficiency and creativity, yet express concerns regarding over-reliance, plagiarism, and assessment credibility, suggesting that schools must balance regulation and support when promoting AI.

Keywords: Guangdong–Hong Kong–Macao Greater Bay Area, Macao secondary schools, AI education, technology acceptance model, teacher professional development

1. 前言

粵港澳大灣區建設加速區域教育一體化進程，人工智能（Artificial Intelligence, AI）教育已成為中學教育改革的重要方向（王偉雄，2023；謝惜珍，2022）。然而，多數研究仍停留在政策與技術層面，對校本實施機制與教師採納行為的理論化探究相對不足（陳芳艷，2024；王偉雄，2023）。澳門在「一國兩制」框架下兼具華人教育傳統與國際視野，其中學在課程政策、考試文化與資訊基建上具有獨特情境，為檢視技術接受模型（Technology Acceptance Model, TAM）於 AI 教育脈絡之適切性提供了重要場域。

本研究以澳門菜農子弟學校為個案。該校自 1956 年創立以來長期服務基層，學生家庭社經地位相對弱勢且學習差異大，「個人化學習」與「教育公平」因而成為重要訴求（澳門特

別行政區政府統計暨普查局，2023）。自 2001 年起學校系統推進資訊科技教育，2007 年成為教育發展基金「資訊科技先導計劃」學校，2020 年疫情期間全面導入線上教學，2022 年起在此基礎上導入生成式 AI 工具，逐步形成「科技賦能學生」的校本特色（澳門特別行政區政府，2007）。

在此背景下，本研究回應三項核心問題：（1）理論層面：傳統 TAM 模型是否足以解釋中學教師在 AI 教育情境中的技術採納行為？學校支持度等情境因素如何影響技術接受與教學創新？（2）實證層面：教師技術接受度與教學創新行為及學生學習成效之間存在何種關聯？

（3）實踐層面：菜農子弟學校在推動 AI 教育時面臨哪些結構性挑戰，其經驗對澳門及粵港澳大灣區其他學校有何啟示？

為回應上述問題，本研究旨在：第一，結合 TAM 與中學教育情境，建構適用於 AI 教學場域的擴展分析框架，納入教師自我效能感與學校支持度等構念，用以描述技術接受與教學實踐的關聯。第二，透過教師與學生問卷資料，量化檢視感知有用性與感知易用性與 AI 實際使用之關係，並比較不同學段與學科群在技術接受度與專業成長感受上的差異。第三，結合校本智慧教學匯報文本，梳理該校 AI 教育在課程與教學上的具體樣態，提出具情境性的校本 AI 教育發展建議。

方法上，本研究採個案研究法（Yin, 2018），結合量化問卷與質性文本分析。量化部分於 2025 年 12 月在菜農子弟學校施測，教師問卷發出 72 份，回收有效樣本 70 份，回收率 97.2%；學生問卷發出 970 份，回收有效樣本 905 份，其中初中生 522 份，高中生 383 份，整體回收率 93.3%。教師問卷聚焦 TAM 核心構面、教育情境變項與教學成效感知；學生問卷則探討 AI 工具使用樣態與學習能力自評（李琰，2022）。質性部分分析該校 2023 至 2025 學年中文、數學與英語三科共 7 份智慧教學應用匯報文本，採主題分析法（Braun & Clarke, 2006）歸納 AI 工具使用特徵與實施困境，並結合創新擴散理論（Rogers, 2003）解讀 AI 採用階段。

2. 文獻綜述與理論框架

2.1. AI 教育與校本界定

K-12 AI 教育尚無統一定義，將相關實踐分為三取向：技能取向著重編程與演算法；素養取向強調 AI 倫理與社會影響；融合取向將 AI 作為跨學科教與學工具。本研究個案學校採融合取向，將 AI 教育界定為：透過智慧教學平臺與生成式 AI 工具，支持個人化學習、精準教學決策與跨學科問題解決的教學模式。

此界定在技術上依託智學網等專用平臺與 ChatGPT、DeepSeek 等通用工具，在教學上聚焦個別化練習推送與學情分析，在目標上著重問題解決與創新思維（張茜，2023；楊喜剛，2023）。學校並提出 AI 為輔助認知工具、能力導向與全人教育三項原則，作為課程與教學實施依據（澳門特別行政區政府，2021；謝惜珍，2022）。此校本詮釋構成本研究問卷設計與成效評估的操作基礎。

2.2. 擴展 TAM 於中學 AI 情境

技術接受模型（TAM）主張，感知有用性（PU）與感知易用性（PEOU）是決定使用態度與行為意圖的核心構念，在教育科技情境中已被廣泛驗證（Davis, 1989）。然而，多數研究聚焦高等教育與企業訓練，較少關注中學教師在升學壓力與科層制度下採用新技術時的情境限制。

本研究以 TAM 為主軸，並納入教育場域關鍵變項，建構探索性分析框架。框架包含：核心認知層（PU、PEOU）、情境因素層（教師自我效能感與學校支持度）與結果變項層（教學創新行為意向與學生能力發展感知）。研究透過描述統計、t 檢定與變異數分析，比較不同學段與學科群在 TAM 構面上的差異，並以相關分析檢視 PU 與 PEOU 與 AI 使用行為之關聯，藉此探索 TAM 在中學 AI 教育情境的適用邊界。

2.3. 澳門政策脈絡與研究缺口

澳門 AI 教育政策大致經歷三階段。2000-2006 年為法治基礎建構期，《科學技術綱要法》奠定普及科技知識與資訊化教育方向。2007-2020 年為資源投入期，《教育發展基金制度》

支持學校資訊平臺與教師培訓，菜農子弟學校即為「資訊科技先導計劃」學校之一（澳門特別行政區政府，2000, 2007）。2021 年後，《非高等教育中長期規劃（2021–2030）》將智慧校園、智慧教學與 AI 教育列為重點（澳門特別行政區政府，2021）。

在此政策脈絡下，仍存在三項研究缺口：缺乏本土化擴展 TAM 分析；量化資料不足（呂曉敏，2024）；對校本實施結構性障礙分析不深（陳芳艷，2024）。本研究即在擴展 TAM 框架下，以個案學校結合教師與學生雙向問卷與校本文本回應上述缺口。

3. 研究設計與個案背景

3.1. 個案學校概況與 AI 教育發展

菜農子弟學校創立於 1956 年，服務基層家庭為主，學生家庭社經地位普遍偏弱且學習差異大，促使學校在資源有限情況下透過資訊科技與 AI 提升「個人化學習」與「教育公平」（澳門特別行政區政府統計暨普查局，2023）。自 2001 年起逐步建構資訊科技基礎，2007 年成為「資訊科技先導計劃」學校，2020 年疫情期間全面推行線上教學，2021 年起導入學科網、智學網與智慧體育等系統（澳門特別行政區政府，2007）。截至 2025 年，57.1%教師具 1 年以上 AI 工具使用經驗，74.3%教師曾開發校本 AI 教學資源，顯示 AI 應用已進入早期多數階段（Rogers, 2003）。

學校採「初中體驗、高中專案」的六年一貫 AI 教育路徑。初中（S1–S3）以體驗式學習為主，透過每週綜合技能活動，讓學生操作智學網與生成式 AI，理解個人化題庫、口語評測與資料處理功能。高中（S4–S6）則以專案式學習為主，學生以 DeepSeek、ChatGPT 等工具進行文獻整理、問卷設計與數據分析，完成真實問題導向的專題研究。2025 年 12 月問卷顯示，初中生（N=522）中 96.7%使用智學網，71.8%曾使用生成式 AI 完成課堂任務；高中生（N=383）中 67.9%將 AI 用於專題研究，高於初中組 45.8%。教師端方面，高中教師在感知有用性（M=4.04）與持續使用意願（M=4.12）上高於初中教師（M=3.54；M=3.72）。

3.2. 研究設計與資料來源

本研究於 2025 年 12 月施測。教師問卷發出 72 份，回收有效樣本 70 份，回收率 97.2%；學生問卷發出 970 份，回收有效樣本 905 份（初中 522 份，高中 383 份），整體回收率 93.3%。

教師問卷包含三部分。第一為 TAM 核心量表，改編自 Davis (1989) 與 Venkatesh 和 Davis (2000)，共 6 題，測量感知有用性（3 題）、感知易用性（2 題）與持續使用意願（1 題）。第二為教育情境量表，各 1 題測量教師自我效能感與學校支持度。第三為成效評估量表，包含教學創新行為（2 題）與學生能力影響感知（6 題）。

學生問卷聚焦 AI 使用現況與能力自評。涵蓋：（1）AI 平臺與工具使用情形多選題；（2）五點自評題評估問題解決、自主學習、批判思考等維度（李琰，2022）；（3）對 AI 生成內容之批判性評估能力以及期望學校增加的 AI 教育支持類型。

質性資料包括該校 2023–2025 學年中文、數學與英語三科共 7 份校本智慧教學匯報文本。採 Braun 與 Clarke (2006) 的主題分析法，歸納教學功能、學情分析與支持缺口等主題。量化分析採描述統計、獨立樣本 t 檢定、單因子變異數分析與相關分析，並結合創新擴散理論解讀 AI 採用階段（Rogers, 2003）。

4. 研究發現

4.1. 教師 AI 技術接受度與學段、學科差異

根據 70 份教師問卷，TAM 構面五點量表（1 = 非常不同意，5 = 非常同意）的描述統計如表 1 所示。

表 1 教師 AI 技術接受度 (TAM 構面與任教學段、學科差異) (N = 70)

區塊	構面 / 題項 (內容摘要)	構面中所含題項	群組 / 學科群	n	M	SD	t / F	p
一、TAM 構面整體	感知有用性 (PU)	教學效率、個性化教	全體教師	70	3.78	0.74		

二、任教學段差異	感知易用性(PEOU)	學、持續使用意願							
		操作簡便、學校培訓與支持	全體教師	70	3.48	0.65			
	AI 技術接受度(五題總平均)	上述五題平均	全體教師	70	3.66	0.73			
	感知有用性 (PU)	教學效率、個性化教學、持續使用意願	初中教師	36	3.54	0.65			
			高中教師	34	4.04	0.65	t(34) = -3.23	p = .002	
	感知易用性(PEOU)	操作簡便、學校培訓與支持	初中教師	36	3.25	0.65			
			高中教師	34	3.72	0.59	t(34) = -3.17	p = .002	
	持續使用意願 (單題)	我會繼續使用並推薦同事使用 AI 教育工具	初中教師	36	3.72	0.91			
			高中教師	34	4.12	0.84	t(34) = -1.88	p = .064	
三、學科差異(ANOVA)	感知有用性 (PU)	教學效率、個性化教學、持續使用意願	數理資訊 (數學、科學、物理、化學、生物、資訊科技)	26	3.73	0.67			
			語文社會 (中、英、歷史、地理、公民等)	37	3.84	0.76			
			體育藝術 (體育/音樂、視藝等)	7	3.67	0.38	F = 0.28	p = .755	
	感知易用性(PEOU)	操作簡便、學校培訓與支持	數理資訊	26	3.52	0.70			
			語文社會	37	3.46	0.68			
			體育藝術	7	3.43	0.45	F = 0.08	p = .921	
	持續使用意願 (單題)	我會繼續使用並推薦同事使用 AI 教育工具	數理資訊	26	3.81	0.80			

語文社會	37	4.08	0.98	F = 1.90	p =.158
體育藝術	7	3.43	0.53		

全體教師對 AI 工具感知有用性平均數為 3.78 (SD = 0.74)，感知易用性平均數為 3.48 (SD = 0.65)，AI 技術接受度五題總平均為 3.66 (SD = 0.73)，均高於量表中立值 3，顯示整體態度偏向正向。

在任教學段方面，高中教師在感知有用性與感知易用性上的評分顯著高於初中教師。其中，高中教師 PU 平均數為 4.04 (SD = 0.65)，初中教師為 3.54 (SD = 0.65)，兩組差異達顯著水準， $t(34) = -3.23, p = .002$ ；PEOU 方面，高中教師平均數為 3.72 (SD = 0.59)，初中教師為 3.25 (SD = 0.65)，差異同樣顯著， $t(34) = -3.17, p = .002$ 。持續使用意願方面，高中教師平均數為 4.12 (SD = 0.84)，初中教師為 3.72 (SD = 0.91)，雖未達傳統顯著水準，但仍呈現高中教師傾向較強的趨勢 ($p = .064$)。

在學科別比較上，三類學科群——數理資訊、語文社會與體育藝術——在 PU、PEOU 與持續使用意願上的平均數均落在中高區間，ANOVA 檢定皆未達顯著差異 (PU: $F = 0.28, p = .755$; PEOU: $F = 0.08, p = .921$; 持續使用意願: $F = 1.90, p = .158$)。這顯示在樣本學校中，AI 工具已被視為跨學科的教學資源，而非僅限於數理或資訊科使用。校本匯報亦指出，中文科主要用智學網支援教材多元與分層教學，數學科強調自動批改與錯題分析，英語科則運用口語評測與錄音回饋，反映不同學科在共同肯定 AI 有用性的前提下，形成各具特色的應用模式。

在學校支持與能力提升方面，「學校提供的培訓與支持足夠性」平均數僅略高於中立值 3，明顯低於 PU 與 PEOU 等構面，顯示制度性支持尚未完全配合教師實際使用需求。多數教師認為 AI 有助於「學情精準分析」、「資訊化教學整合」與「教學創新與科研」，但對「跨學科教學設計」等較高階能力的助益感受相對有限，反映現階段應用仍以優化課內教學與評量為主。校本數學科匯報亦曾指出，雖已接受智學網培訓，但對個人化學習手冊等進階功能仍不熟練，直到後續獲得專職人員支持後才逐步熟練運用，顯示持續支持機制的重要性 (Venkatesh & Davis, 2000)。

4.2. 學生 AI 使用現況與學段差異

在學生端，本研究根據 905 份有效問卷，分析中學生使用 AI 學習平臺與通用生成式 AI 工具之情形，結果如表 2 所示。

表 2 中學生使用 AI 學習平台與通用 AI 工具情形 (N = 905)

類別	工具 / 平台	是否多 選題	勾選人 數(n)	比例 (%)
專用 平台	智學網	是	877	96.9
專用 平台	虛擬實驗平台	是	133	14.7
專用 平台	其他專用平台	是	58	6.4
通用 工具	ChatGPT (透過 POE)	是	310	34.3
通用 工具	豆包	是	873	96.5
通用 工具	DeepSeek	是	609	67.3
通用 工具	千問	是	91	10.1

通用工具	文心一言	是	139	15.4
通用工具	Copilot	是	255	28.2
通用工具	其他通用工具	是	89	9.8

專用學習平臺方面，智學網使用率高達 96.9% (n=877)，顯示其已成為樣本學校日常學習與評量的核心平臺；虛擬實驗平臺與其他專用平臺使用率分別為 14.7%與 6.4%。通用工具方面，豆包的使用比例為 96.5% (n=873)，DeepSeek 為 67.3% (n=609)，ChatGPT (透過 POE) 為 34.3% (n=310)，Copilot、文心一言與千問等亦有一定滲透率。整體呈現「學校統一平臺十多元生成式工具」並行的使用樣貌。

若區分學段，兩組學生在智學網與豆包的使用率皆超過九成，但高中生在 DeepSeek 與 ChatGPT 等工具上的使用比例明顯高於初中生 (例如 DeepSeek 約 77.5% vs. 59.8%，ChatGPT 約 50.1% vs. 22.6%)，反映高中生較常採取多工具並用的學習策略。在使用情境上，初中生主要將 AI 用於「課堂學習任務」與「課後作業輔助」，部分學生會利用 AI 進行創意設計與思維啟發；高中生則較多將 AI 用於「專題研究與報告撰寫」、「自主學習與拓展」與「創意表達」，顯示其應用更聚焦於高階學習任務。

在學習成效自評方面，多數學生同意「使用 AI 工具後，學習變得更有興趣」、「AI 推薦內容大致適合自己程度」、「工具操作簡單，可自主使用」，整體平均分數普遍高於中立值 3。在能力發展多選題中，勾選「學習自覺性與計劃性」、「問題分析與解決能力」、「表達與寫作能力」、「創新思維與想像力」的比例較高，反映不少學生自覺在學習動機與任務完成效率上有所提升。相較之下，選擇「資訊篩選與批判思考」與「團隊協作能力」作為明顯進步項目的學生比例偏低，顯示目前學生使用 AI 時仍以個人效率與成果產出為主，對 AI 輸出進行批判與在合作情境中共同運用 AI 的實踐尚不普遍。

綜合教師與學生資料可見：一方面，教師普遍認為 AI 有助於學情精準分析與資訊化教學整合，長期使用者更常自述在教學創新與科研能力上獲得提升；另一方面，學生多在「問題解決與學習自覺」等面向感受到正向變化，但在資訊判斷與倫理反思上的自評提升有限。若再考慮教師對學校 AI 培訓與支持僅略高於中立、學生對教師系統性指導 AI 使用之評價亦不算突出，可見目前 AI 使用對學習的正向影響多集中於動機與效率，對高階思維與 AI 素養的提升仍有相當空間。

5. 結論與建議

5.1. 主要結論

教師整體 AI 技術接受度偏高，高中教師在感知有用性、感知易用性與持續使用意願上的評分普遍高於初中教師，不同學科群之間並無顯著差異，顯示學段差異比學科差異更為關鍵。

學生對 AI 學習平臺與通用生成式工具的使用已趨普及，高中生較初中生更傾向於以多工具支援專題研究與自主學習。學生普遍認為 AI 能提升學習興趣與問題解決能力。

目前 AI 使用對學生資訊篩選與批判思考能力的正向影響仍有限，許多學生期待學校增加 AI 倫理與安全課程。若缺乏系統性 AI 素養課程與明確使用規範，AI 較易成為效率工具而難以培養批判思維。

學校雖建立完善的硬體與平臺基礎，但教師對「學校 AI 培訓與支持是否足夠」的評分僅略高於中立值，形成「個人層面積極、組織層面仍待強化」的落差。

5.2. 實務建議

對學校與教育行政部門而言，需進一步系統規劃 AI 教師專業發展，除工具操作外，更應引導教師設計以 AI 支援探究學習與專題研究的課程方案 (馬方錄, 2022)。其次，將 AI 素養與倫理納入正式課程，在資訊科技、語文與社會科中教授如何判讀 AI 輸出、辨識偏見及處

理誠信與隱私議題（呂曉敏，2024）。第三，制定生成式 AI 工具的校內使用原則，讓師生在清晰規範下實作。

對教師而言，應設計促進思考與創作的 AI 活動，例如引導學生比較不同 AI 生成的答案、要求修訂與評鑑而非直接採用。在課堂示範如何檢查 AI 回答、辨識偏誤，並鼓勵多工具對比，以實作方式培養批判性使用。

對學生 AI 素養建構而言，需同時兼顧「會用」「學得好」與「用得負責」三個面向，在鞏固工具操作同時，明確將資訊判斷與倫理反思納入學習目標，避免形成「技能熟練但判斷薄弱」的風險。

5.3. 研究限制與未來方向

本研究以單一學校為個案，未能建立「個別教師-班級學生」配對資料，限制了對微觀層級因果關係的推論。學生能力變化多以自陳方式衡量，缺乏客觀學業成績資料。未來研究可建立師生配對資料、結合課堂觀察與訪談，比較不同 AI 使用方式對學習成效的影響，並進行追蹤研究觀察政策與制度變化對教師與學生行為的長期影響。

參考文獻

- 王偉雄. (2023). 中小學人工智能課程教學現狀、問題及對策研究 (碩士學位論文). 湖南科技大學.
- 呂曉敏. (2024). 智能時代教師責任的倫理審視 (碩士學位論文). 山東師範大學.
- 李琰. (2022). 面向計算思維培養的高中人工智能教育校本課程設計與實踐 (碩士學位論文). 深圳大學.
- 馬方錄. (2022). 運用人工智能 (AI) 技術賦能教師專業成長的管理研究 (碩士學位論文). 深圳大學.
- 陳芳艷. (2024). 中小學教師人工智能教學應用準備度影響因素研究 (碩士學位論文). 江西師範大學.
- 謝惜珍. (2022). 中美中小學人工智能教育比較研究 (碩士學位論文). 江西師範大學.
- 澳門特別行政區政府. (2000). 第 9/2000 號法律：科學技術網要法. 澳門印務局.
- 澳門特別行政區政府. (2007). 第 16/2007 號行政法規：教育發展基金制度. 澳門印務局.
- 澳門特別行政區政府. (2021). 非高等教育中長期規劃 (2021-2030). 澳門印務局.
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101.
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319–340.
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (5th ed.). Free Press.
- Venkatesh, V., & Davis, F. D. (2000). A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies. *Management Science*, 46(2), 186–204.
- Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (6th ed.). Sage Publications.