

國小數學科互動式體積 AR 輔助學習 軟體應用之探討

黃秋霞

國立屏東大學
特殊教育學系副教授

楊志強

國立屏東大學
師資培育中心助理教授

摘要

因應 2019 年教育部 108 新課綱的輔助科技融入生活應用與實踐理念，國小階段中年級的體積數學概念較難理解，本研究旨在研發「互動式 AR 體積輔助學習裝置軟體」，並運用該軟體以解決現場師生在體積概念的教與學問題，以提升學習使用者對體積概念的學習興趣、改善學習動機與提高學習成效。為了驗證本研究已研發的「互動式體積 AR 輔助學習裝置軟體」的應用情形，提供給職前師資生和國小參與者操作 AR 輔助軟體以體驗學習體積概念；最後再以填答問卷調查方式，檢視職前師資生與國小參與者使用 AR 輔助學習裝置軟體的實用性、操作性與攜帶性的功能應用情形為何。

本研究的「互動式體積 AR 輔助學習裝置軟體」，由 8 人組成跨專業研究團隊，2 位大學教授、2 位資源班教師、2 位普通班教師、以及 2 位程式設計工程師，長達二年研發「互動式體積 AR 輔助學習裝置」；並已取得經濟部新型專利智慧財產權的審核認證通過。本研究參與者的問卷調查資料處理採用描述性統計分析，進行 128 位職前師資生與國小參與者使用「互動式體積 AR 輔助學習裝置軟體」與填答其功能應用的問卷調查表，分析 45 位職前師資生與 83 位國小參與者對該套軟體的功能使用滿意度包括：實用性、操作性與攜帶性等向度。

綜而言之，本研究結果分析顯示，大多數研究參與者對「互動式體積 AR 輔助學習裝置軟體」的內容編製與使用功能的實用性、操作性與攜帶性等功能使用的滿意度，皆表示非常同意與同意，也認為本套 AR 輔助學習裝置軟體呈現 3D 動態影像，不僅能提升對體積概念的學習興趣，也能改善學習動機和提高學習成效。整體而言，本套 AR 輔助學習裝置軟體對於國小參與者、職前師資生及現場教師的教與學體積皆受益良多。

關鍵字：互動式體積 AR 輔助學習軟體、數學

壹、緒論

近年來，隨著行動載具的攜帶方便性和與應用普及化，國外有不少擴增實境 (Augmented Reality, AR) 應用在教學研究發現，Asai、Kobayashi 及 Kondo (2005) 指出 AR 是一種新型與新趨勢的激發學習動機與教學模式之一，在未來會有很大的發展空間與無限的潛力。Sommerauer 和 Muller (2014) 提及許多教學者與開發廠商已陸續積極發掘 AR 的無限潛力與延展其應用領域。其次，李來春和郝光中 (2013) 提及臺灣在 AR 的應用範圍廣泛，主要應用於自然科學與博物館等，也有應用於醫學等領域，但，應用於其他學領域卻稍顯不足。由於與時俱進的多元輔助科技應用的必然趨勢，AR 具有可能性、必要性、可行性與普及性的發展空間與無限潛力，因此，教學者或研發者須加緊腳步更積極地開發與推廣 AR 至其他領域的應用情形。

一、研究背景與目的

本研究執行乃先蒐集國內、外資訊融入教學、數位學習、AR 應用的相關文獻資料，再規劃研發「互動式體積 AR 輔助學習裝置軟體」，編製「互動式體積 AR 輔助學習裝置軟體」的簡易指導手冊以利於學習使用者參閱，最後提供給職前師資生和國小參與者使用「互動式體積 AR 輔助學習裝置軟體」，並根據其操作情形，作為調整或修改 AR 操作介面的依據。黃秋霞等人 (2019) 所研發「互動式 AR 體積輔助學習裝置軟體」，旨在彌補國小現階段傳統式體積平面圖形的教學模

式、體積教材編製缺乏趣味化與缺乏 3D 影像動畫呈現等身歷其境的特性。其次，康軒文教事業、南一文教事業、翰林文教事業或其他坊間的體積教材裡，皆欠缺研發或提供 AR 輔助學習裝置軟體。故，本研究有三種研究目的：

- (一) 研發「互動式 AR 體積輔助學習裝置軟體」。
- (二) 探究「互動式 AR 體積輔助學習裝置軟體」的操作性、便利性與攜帶性等功能的應用情形。
- (三) 以問卷調查來檢視研究參與者使用「互動式 AR 體積輔助學習裝置軟體」等功能使用的滿意度情形。

二、資訊融入教學的相關研究

本研究的文獻探討與回顧著重於輔助科技融入教學的相關研究，臚列分述四部分：(一) 資訊融入教學、(二) 數位學習、(三) 虛擬實境與 AR、(四) Keller (1983a, 1983b, 1984, 1987a, 1987b & 2016) 的 ARCS (動機模式) 與 Moon 和 Kim (2001) 的 CCE (知覺玩興) 的相關研究發現：

(一) 資訊融入教學的相關研究

根據林紀達 (2005) 針對資訊融入教學的定義係指為：教學者在既有的資訊環境裡，進行各領域教學時，運用資訊科技相關配置，協助教學前置作業、配合教學活動執行，旨在培養學習者自發性的學習態度，並提升教學與學習成效，以利順暢達成教學目標。若教學媒體能將抽象概念轉為具體化後，即易於學習者了解與學習，如此既能增進學習成效也能提高師生互動關係。一旦有新的媒體出現時，專家學者或廠商即會積極

探究與評估在教學上應用的可行性，並關注於教學媒體的發展情形。劉信吾（1999）將其分成四階段，各為實物教學階段、視覺教學階段、視/聽覺教學階段、教學科技階段，推動二十幾年的電腦輔助教學，目前已進入教學科技階段，日新月異的科技產品和呈現方式逐漸變得更多元新穎了，也逐漸發展出數位學習(e-learning)的概念。

(二)數位學習的相關研究發現

林信志、湯凱雯及彭郁雅（2011）提及其實數位學習並非是取代傳統的教學模式，其最大特色乃能突破時間、空間、上課人數等限制，其最大優勢與特性是在時間、空間、人數、年齡等具有彈性化的可能性與可行性，也可為終身學習的最佳替代方式之一。至於數位學習的重要功能，承如 Knowles (1975)提出「自我導向學習方式」而所強調的是：「學習是以學習者為中心，教學者則為輔導的角色」，以滿足學習者所設定的學習行為目標為重點；包括六個步驟：氣氛營造、診斷學習需求、形成學習目標、確認學習所需之人力與資料。其次，陳年興（2017）也認為個別化教學與自我導向學習方式也是數位學習的特點之一，其中「個別化教學」乃根據學習者的實際程度而編製不同的教學進度與調整學習內容難易度，以利於學習者能學得更紮實更順暢。

(三)虛擬實境和 AR 的相關研究

Milgram、Takemura、Utsumi、Kishino 及 Das（1995）認為 AR 有兩種顯示方式，各為視覺斜視 (see-through) 與顯示器 (monitor-based)。林信志、湯凱雯及彭郁雅（2011）提及 AR 以虛擬實境為基礎的新互

動技術，可將實際不存在現場的物件或景象，影像能投影在指定的真實空間顯示出來。Azuma (1997)提及 AR 具備三種特性，結合真實與虛擬、即時性的互動、須在三度空間內，AR 並非要取代真實，而是擴充真實，AR 影像會出現在學習使用者的面前讓虛擬與實體在同一空間共存，讓學習使用者同時感知真實與虛擬兩世界裡，並透過互動裝置連結兩者的空間，這些屬性與虛擬實境的特性極為相似。AR 與虛擬實境兩者的最大差異為：後者為無中生有，創造出一個不存在的世界，前者乃著重與真實世界的結合性，強化真實世界裡的資訊顯示與互動經驗。虛擬實境的發展較 AR 成熟些，但其限制也較多，AR 不會把人的感官抽離，也不會切斷人與真實世界的關聯性，而是將一些資訊、互動、感官經驗依附在真實世界裡，讓學習使用者有身歷其境的體驗參與感受。

Coiffet (1997)、Burdea 和 Coiffet (2003) 提及虛擬實境乃具備三種可並存的屬性：浸入度或沉浸度 (immersion)、互動性 (interaction)、想像力 (imagination)，並能建構出虛擬實境的世界；學習使用者沉浸在虛擬的環境裡，不僅可直接觀察與操作，亦可產生參與的「幻覺」，親身感受到多重感官刺激的經驗，宛如「身歷實境」的真實感，讓學習使用者無形中能自動化專注在事物上去進行經驗認知或熟慮的思考學習歷程。

由上述得知，AR 具備了不少功能與用途的優勢，承如卓詠欽和王健華（2008）所提及 AR 不僅是虛擬實境的延伸，也能與虛擬實境有類似的應用領域，因具有能對真實環境進行強化顯示輸出的特性與優勢，應用

領域之廣泛逐漸擴及醫療儀器研究與解剖訓練、精密儀器製造與維修、軍用飛機導航與工程設計等領域，因此，AR 具有比虛擬實境較為優勢的條件與特性功能。而混合實境 (Mixed Reality) 位於虛擬環境與真實環境之間，混合實境環境根據 Drascic、Milgram、Bolas、Fisher 及 Merritt (1996) 所描述的定義乃係指「在於兩極端之間真實生活與虛擬。」

Kauffman 和 Schmalstieg (2006) 執行多年的應用 AR 與虛擬實境的幾何學研究，針對 100 位研究參與者與 500 個教學單元資料分析，結果顯示無論研究參與者或教師皆對該教學模式感興趣；所提供的 Construct 3D 輔助工具不僅易於使用也不需花很多時間學習操作，既能提升學習者學習動機也能改善學習成效，因此，未來 AR 可能會是很不錯的新型態教學方式之一。其次，Billinghurst、Belcher、Gupta 及 Kiyokawa (2003)、Dunser 和 Billinghurst (2011) 提及，若使用 AR 為輔助科技工具或融入教學的輔助教具的話，可讓學習者順暢的互動學習，以提供機會享有獨特的教育益處，不僅讓學習使用者順暢操作教具，也能意外發展出一種新的教學策略，也能讓毫無電腦操作經驗者順利進行虛擬與實體互動，由此可知，AR 具有能讓學習者沉溺學習內容中的特性。綜合言之，上述論述與其他學者的論述有異曲同工，例如，王珩 (2005a & 2005b)、蔡文毓 (2019)、Keller (1983a, 1983b, 1984, 1987a, 1987b & 2016)、Keller 和 Suzuki (1988)、Keller 和 Kopp (1987)、Li 和 Moore (2018) 等人。

其次，卓詠欽和王健華 (2008) 綜合白益新 (2006)、李孟軒 (2007) 的 AR 研究結果中，歸納 AR 應用於教育的優勢與好處有不少，例如：創造趣味性以產生學習的新鮮感、強化課程內容的直接互動性、易於辨識空間概念等；如此不僅能激發學習者的高度學習動機與參與熱忱度、逐漸地提高對課堂學習的參與度與自信心、容易辨識虛擬或實體環境的空間關係，也能強化對空間概念的理解能力。若教學者能結合 AR 輔助融入教學情境的話，學習者對於較難的抽象概念也能在互動的操作過程中反覆練習與嘗試，不僅能提高理解力或增強熟悉度，也能在抽象的空間概念中，運用「看得見」的講解方式，並將抽象轉化為具體化形像，如此能改善學習者對空間概念的理解能力與熟悉度。

林信志、湯凱雯及彭郁雅 (2011) 以 AR 為基礎設計教學平臺，藉由其簡單重製、可攜帶性、低成本的特性，改變學習者的學習型態，如此可讓學習者在家也能持續學習。其研究結果發現，AR 導入國小藝術與人文學習領域能改善學生學習興趣和吸收程度，利用虛擬物件呈現聖誕節的數位教材，AR 教學平臺提供給學習者知覺的立即性回饋，即能正確連結平面圖像與立體虛擬模型，若透過動手操作，體驗雙向互動的功能，如此能激發學習者達到主動探索的行為學習目標。

李來春和郝光中 (2013) 提及傳統的影片播放因缺乏與學習者的互動性，可能易造成學習者的學習興趣變薄弱及學習成效不彰；若教學者能建構具有互動性英文數位教材，即能激發學習者的學習興趣與提升學習

成效。其研究結果顯示，若趣味性高的英文教材與內容結合 AR 互動性輔助科技裝置的話，不僅能提高學習者的學習興趣、也能提升學習動機與改善學習成效，多數學習者皆表示對互動式英文課程規劃與多元活潑上課方式深感趣味性高且能改善其學習成效。

綜上所述，AR 應用在教育上的研究發現與應用範圍或領域相當廣泛，AR 的 3D 影像動畫，不僅具備了知覺玩興的趣味功能，也提供機會讓學習使用者透過本體感知體驗身歷其境的臨場感，以及多元教育功能等的獨特性與教育優勢。多數研究結果顯示，若 AR 融入教學的話，即能改善學習者的學習成效；教師傳授概念知識時，常會輔以課本或是教材的輔具，以提升學習者的學習成效（卓詠欽&王健華，2008；蘇俊欽，2004；Shelton & Hedley, 2002）。目前國內皆有些研究驗證 AR 對於廣泛應用領域皆具有很不錯的學習效果，例如：簡見歡（2010）運用於解剖結構學習，賴漢洲（2011）運用在超級細菌的效果相當好，劉鴻琳（2017）以擴增實境融入注音符號教學對聽障學生的聽辨學習具有有效的效果，張文馨（2019）以語音辨識結合 AR 應用於國小英語學習的結果具有正向提升學習效果，陳志洪、李佳穎及齊珮芸（2020）以 AR 輔助拼圖學習系統的學習顯示具有不錯成效。

(四) Keller (1983a, 1983b, 1984, 1987a, 1987b & 2016) 的 ARCS (動機模式) 與 Moon 和 Kim (2001) 的 CCE (知覺玩興)

本研究彙整國內外針對 Keller (1983a, 1983b, 1984, 1987a, 1987b & 2016) 的 ARCS

的動機模式與 Moon 和 Kim (2001) 的 CCE 知覺玩興等研究發現。其次，也列舉相關研究結果，例如：王衍 (2005a & 2005b)、吳天貴 (2007)、李文瑞 (1990)、李來春和郝光中 (2013)、許淑玫 (1998)、張志全 (2002)、劉奕帆和廖冠智 (2011)、謝銘襄 (2011)、Keller 和 Suzuki (1988)、Keller 和 Kopp (1987)、Li 和 Moore (2018)、Naime-Diefenbach (1991)、Shellnut、Knowlton 及 Savage (1999)、Weiler (2005) 等，分別針對 ARCS 動機模式的四個要素含注意力 (attention)、相關性 (relevance)、自信心 (confidence)、滿足感 (satisfaction) 的定義、研究結果分析或教學所需要考量的問題等進行相關研究。Moon 和 Kim (2001) 根據 Csikszentmihalyi 和 Davis (1977) 提出心流理論 (flow theory) 的知覺玩興 (perceived playfulness)，CCE 知覺玩興的定義具有三要素：專注 (concentration)、好奇 (curiosity)、娛樂 (enjoyment)。綜合上述，Keller (1983a, 1983b, 1984, 1987a, 1987b & 2016) 的 ARCS 動機模式與 Moon 和 Kim (2001) 的 CCE 與學習者的學習成效似乎有異曲同工之妙與殊途同歸並存關係。

關於 AR 相關研究，除了上述多數研究針對 AR 科技融入與 ARCS 教學模式的探究，尚有其他具有 AR 教學成效的實證研究，例如：李來春和郝光中 (2013) 提及臺灣在 AR 的應用範圍廣泛，主要應用於自然科學與博物館等，也有應用於醫學等領域，但，應用於其他學領域卻稍顯不足。許一珍 (2019) 的研究發現，使用 AR 在數位教材相較於傳統圖卡的教學，AR 並未能提升學

童的學習成效，使用 AR 在數位教材相較於傳統圖卡的教學，AR 對於學童的學習動機影響較佳。郭淳文和張世慧（2018）提出繪本結合 AR 教學對提升智能障礙學生口語表達具有社會效度；繪本結合 AR 教學對提升大多數的智能障礙參與者的平均句長或總詞彙量皆有立即和維持效果，但對某位參與者的維持成效較不理想。蔡文毓（2019）的研究發現提出，AR 科技融入藝術的導覽或學習仍有開發空間，若能結合尋寶遊戲機制於 AR 的探究即會讓學習更有趣味性；其研究中發現，清明上河圖畫作內容豐富，除了適合做美學教材，亦適合自然課探究古代之科技、社會課探究明清時代之人文與生活等不同領域的探究。科技融入學習模式可讓教學不再侷限於傳統單向的知識傳遞，而增添了不少的互動與樂趣，結合深層思考促進機制之 AR 行動學習系統對小學生水墨畫鑑賞課程學習成就及感受之影響，結果顯示該系統能顯著提升其學習成效，但受限於行動載具的使用方式，在學習動機方面則有些微降低的現象。

本研究發現，由上述 Keller (1983a, 1983b, 1984, 1987a, 1987b & 2016)的 ARCS 動機模式與 Moon 和 Kim (2001) 的 CCE 知覺玩趣的論述，皆具有異曲同工的特性與功能。因此，本研究參閱與擷取 Keller (1983a, 1983b, 1984, 1987a, 1987b & 2016)的 ARCS 動機模式、Moon 和 Kim (2001) 的 CCE 理論基礎的優點特性，並執行與驗證本探究式「互動式 AR 體積輔助學習裝置」的可行性與否；並以問卷調查蒐集資料與描述統計分析資料。

貳、研究方法

本研究的研究工具「互動式體積 AR 輔助學習裝置軟體」，由 8 人組成的跨專業研究團隊，2 位大學教授、2 位資源班教師、2 位普通班教師與 2 位程式設計工程師，黃秋霞等人（2019）花費長達二年研發「互動式體積 AR 輔助學習裝置」，已取得經濟部新型專利智慧財產權的審核認證通過。本研究參與者的問卷調查資料處理採描述性統計分析，進行 128 位職前師資生與國小參與者使用「互動式體積 AR 輔助學習裝置軟體」與填答其功能應用的問卷調查表，分析 45 位職前師資生與 83 位國小參與者對該套軟體的使用滿意度包括：實用性、操作性與攜帶性等向度。

一、研究目的：

本研究旨在研發「互動式 AR 體積輔助學習裝置軟體」；其次，探討職前師資生／國小普通班與資源班研究參與者使用「互動式體積 AR 輔助裝置軟體」的情形為何？

二、研究參與者：

128 位研究參與者，包含 45 位職前師資生與 83 位國小資源班和普通班參與者。

三、研究方法：

問卷調查法

四、研究工具：

本研究的研究工具有二種，各為「互動式 AR 體積輔助學習裝置軟體」與「體積移動城堡 AR 輔助裝置軟體的問卷調查表」，分述如下：

(一) 互動式 AR 體積輔助學習裝置軟體

本研究研發「互動式 AR 體積輔助學習

裝置軟體」，旨在彌補國小現階段傳統式體積平面圖形的教學模式、體積教材編製缺乏趣味化與缺乏 3D 影像動畫呈現等身歷其境的特性。其次，康軒文教事業、南一文教事業、翰林文教事業或其他坊間的體積教材裡，皆欠缺研發或提供 AR 輔助學習裝置軟體。故，本研究旨在以問卷調查表來探究「互動式體積 AR 輔助學習裝置軟體」對職前師資生和國小階段研究參與者之應用情形。以下分述「互動式體積 AR 輔助裝置軟體」的內容與說明：

1. 互動式 AR 輔助裝置軟體的內容

「互動式 AR 體積輔助學習裝置軟體」又稱為「AR 體積移動城堡」，包括四個難易度不同的體積試題：(1)魔術方塊城堡、(2)稻田裡的彩繪貨櫃城堡、(3)黑森林的魔幻城堡、以及(4)高屏溪的神秘城堡。

2. 互動式 AR 輔助裝置的說明

本軟體輔助 APP 可提供 3D 互動畫面，讓參與使用者清楚了解體積的立體位置，軟體內容包含體積概念、體積運算思維等相關概念。操作簡易，畫面清楚呈現重要概念，有利教學進行，可取代傳統平面體積之部份功能，教學者可以進行教學講解及進行簡易概念測驗，以檢核學習者對體積學習的表現。本軟體主要利用 3D max 和 May 開發完成，可在行動載具上提供 3D 互動畫面，藉由操作及呈現 3D 視覺效果，進行學習輔助。本軟體之畫面內容、模型建構、動畫效果、相關概念評測問題皆經現場教師及專家共同研發與設計，讓參與使用者清楚了解體積立體位置與概念，並能迅速理解體積認知概念與體積運算思維等相關概念，適用於國

小各年齡層學習階段之參與者（含普通班、資源班、資優班），任何時間地點皆能以 APP 註冊下載本產品，作為教師的 AR 體積教學軟體或參與使用者的重複自學工具。

(二) 互動式 AR 輔助裝置軟體的問卷調查表 內容分析

本研究參與者為職前師資生與國小參與者（普通班與資源班特殊需求者），兩組研究參與者的問卷調查的試題前 10 試題內容皆相同，唯有職前師資生的問卷調查試題多出兩題，第 11 與第 12 題，關於物理空間的規劃營造自然與正向支持的學習環境，因研究者考量未來職前師資生即將前往實習學校教學，如何營造班級的物理空間與學習環境對他們是很重要議題之一，由此兩題試題中初探他們對物理空間與學習環境的認同度情形。

五、蒐集資料分析方法：

問卷調查資料採用次數與百分比的描述性統計分析。

參、研究結果與發現

本研究旨在探討研究參與者對「互動式體積 AR 輔助裝置」的實作滿意度情形，共有 12 題問卷調查內容，包含：活動內容規劃良好、教學內容具有實用性、活動中，能提供學生充分機會學習、良好的教師與學生的互動方式、操作指示明確性、操作步驟具體性、操作介面便利性、圖形色彩明亮度、操作介面轉化便捷性、對話文字速度顯示適切性、物理空間的規劃舒適自然、營造正向支持的學習環境。

本研究共有 128 位研究參與者，含有 45 位職前師資參與者（參閱表 1-1、圖 1-1）與 83 位國小參與者（參閱表 1-2、圖 1-2），參與本研究的問卷調查，結果分析分述如下：

一、45 位職前師資生的結果分析：

1. 活動內容規劃良好：57.77% 填答者表示非常同意，35.56% 填答者表示同意，6.67% 填答者表示無意見。
2. 活動內容具有實用性：62.22% 填答者表示非常同意，33.33% 填答者表示同意，2.22% 填答者表示無意見，2.22% 填答者表示非常不同意。
3. 活動中，能提供學生充分機會學習：46.67% 填答者表示非常同意，44.44% 填答者表示同意，4.44% 填答者表示無意見，2.22% 填答者表示不同意，2.22% 填答者表示非常不同意。
4. 良好的教師與學生的互動方式：51.11% 填答者表示非常同意，31.11% 填答者表示同意，11.11% 填答者表示無意見，4.44% 填答者表示不同意，2.22% 填答者表示非常不同意。
5. 操作指示明確性：44.44% 填答者表示非常同意，44.44% 填答者表示同意，6.67% 填答者表示無意見，2.22% 填答者表示不同意，2.22% 填答者表示非常不同意。
6. 操作步驟具體性：52.33% 填答者表示非常同意，37.78% 填答者表示同意，6.67% 填答者表示無意見，2.22% 填答者表示非常不同意。
7. 操作介面便利性：42.22% 填答者表示非常同意，44.44% 填答者表示同意，11.11%

填答者表示無意見，2.22% 填答者表示非常不同意。

8. 圖形色彩明亮度：55.56% 填答者表示非常同意，35.56% 填答者表示同意，6.67% 填答者表示無意見，2.22% 填答者表示非常不同意。
9. 操作介面轉化便捷性：33.33% 填答者表示非常同意，48.89% 填答者表示同意，15.56% 填答者表示無意見，2.22% 填答者表示非常不同意。
10. 對話文字速度顯示適切性：40.01% 填答者表示非常同意，44.44% 填答者表示同意，11.11% 填答者表示無意見，2.22% 填答者表示不同意，2.22% 填答者表示非常不同意。
11. 物理空間的規劃舒適自然：51.11% 填答者表示非常同意，35.56% 填答者表示同意，11.11% 填答者表示無意見，2.22% 填答者表示不同意。
12. 營造正向支持的學習環境：55.56% 填答者表示非常同意，37.78% 填答者表示同意，2.22% 填答者表示無意見，2.22% 填答者表示不同意，2.22% 填答者表示非常不同意。

由上述得知，大多數的 45 位職前師資生對「互動式 AR 體積輔助學習裝置軟體」的滿意度皆呈現非常同意與同意，無論從次數或百分比的結果分析顯示，本研究所研發的 AR 體積輔助學習裝置軟體的內容編製、操作性、便利性與攜帶性皆具有很不錯的滿意度。

表 1

職前師資生對「互動式 AR 體積輔助學習裝置軟體」的滿意度分析表

百分比	非常同意	同意	無意見	不同意	非常不同意
Q1	57.77%	35.56%	6.67%	0.0%	0.0%
Q2	62.22%	33.33%	2.22%	0.0%	2.22%
Q3	46.67%	44.44%	4.44%	2.22%	2.22%
Q4	51.11%	31.11%	11.11%	4.44%	2.22%
Q5	44.44%	44.44%	6.67%	2.22%	2.22%
Q6	53.33%	37.78%	6.67%	0.0%	2.22%
Q7	42.22%	44.44%	11.11%	0.0%	2.22%
Q8	55.56%	35.56%	6.67%	0.0%	2.22%
Q9	33.33%	48.89%	15.56%	0.0%	2.22%
Q10	40.01%	44.44%	11.11%	2.22%	2.22%
Q11	51.11%	35.56%	11.11%	2.22%	0.0%
Q12	55.56%	37.78%	2.22%	2.22%	2.22%

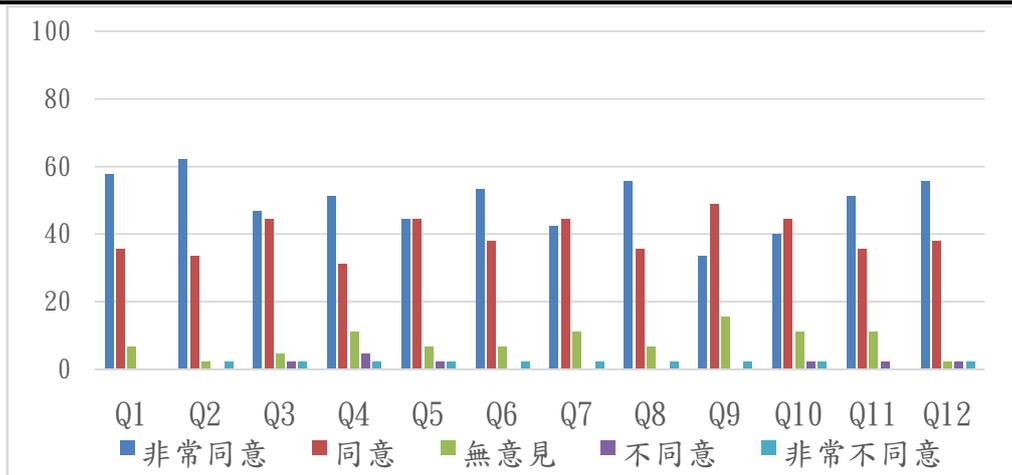


圖 1 職前師資生對「互動式 AR 體積輔助學習裝置軟體」的滿意度分析圖

二、83 位國小參與者的結果分析：

1. 活動內容規劃良好：68.57% 填答者表示非常同意，31.33% 填答者表示同意，0% 填答者表示無意見、不同意和非常不同意。
2. 活動內容具有實用性：73.49% 填答者表示非常同意，26.51% 填答者表示同意，0% 填答者表示無意見、不同意和非常

不同意。

3. 活動中，能提供學生充分機會學習：72.29% 填答者表示非常同意，26.51% 填答者表示同意，1.2% 填答者表示無意見，0% 填答者表示不同意和非常不同意。
4. 良好的教師與學生的互動方式：68.67% 填答者表示非常同意，30.12% 填答者表示

- 同意，1.2%填答者表示無意見，0%填答者表示不同意和非常不同意，由此得知，將近有九成小學生很喜歡此次活動。
5. 操作指示明確性：73.49%填答者表示非常同意，25.30%填答者表示同意，1.2%填答者表示無意見，0%填答者表示不同意和非常不同意。
 6. 操作步驟具體性：79.52%填答者表示非常同意，20.48%填答者表示同意，0%填答者表示無意見、不同意和非常不同意。
 7. 操作介面便利性：77.11%填答者表示非常同意，22.89%填答者表示同意，0%填答者表示無意見、不同意和非常不同意
 8. 圖形色彩明亮度：77.11%填答者表示非常同意，21.69%填答者表示同意，1.2%填答者表示無意見，0%填答者表示不

同意和非常不同意。

9. 操作介面轉化便捷性：62.65%填答者表示非常同意，37.65%填答者表示同意，0%填答者表示無意見、不同意和非常不同意。
10. 對話文字速度顯示適切性：61.45%填答者表示非常同意，37.65%填答者表示同意，1.2%填答者表示無意見，0%填答者表示不同意和非常不同意。

由上述得知，大多數的 83 位國小普通班與資源班參與者對「互動式 AR 體積輔助學習裝置軟體」的滿意度皆呈現非常同意與同意，無論從百分比或人數次的結果分析顯示，本研究所研發的「互動式 AR 體積輔助學習裝置軟體」的內容編製、操作性、便利性與攜帶性皆具有很不錯的滿意度。

表 2

國小參與者對「互動式 AR 體積輔助學習裝置軟體」的滿意度分析表

百分比	非常同意	同意	無意見	不同意	非常不同意
Q1	68.67%	31.33%	0.0%	0.0%	0.0%
Q2	73.49%	26.51%	0.0%	0.0%	0.0%
Q3	72.29%	26.51%	1.2%	0.0%	0.0%
Q4	68.67%	30.12%	1.2%	0.0%	0.0%
Q5	73.49%	25.3%	1.2%	0.0%	0.0%
Q6	79.52%	20.48%	0.0%	0.0%	0.0%
Q7	77.11%	22.89%	0.0%	0.0%	0.0%
Q8	77.11%	21.69%	1.2%	0.0%	0.0%
Q9	62.65%	37.35%	0.0%	0.0%	0.0%
Q10	61.45%	37.35%	1.2%	0.0%	0.0%

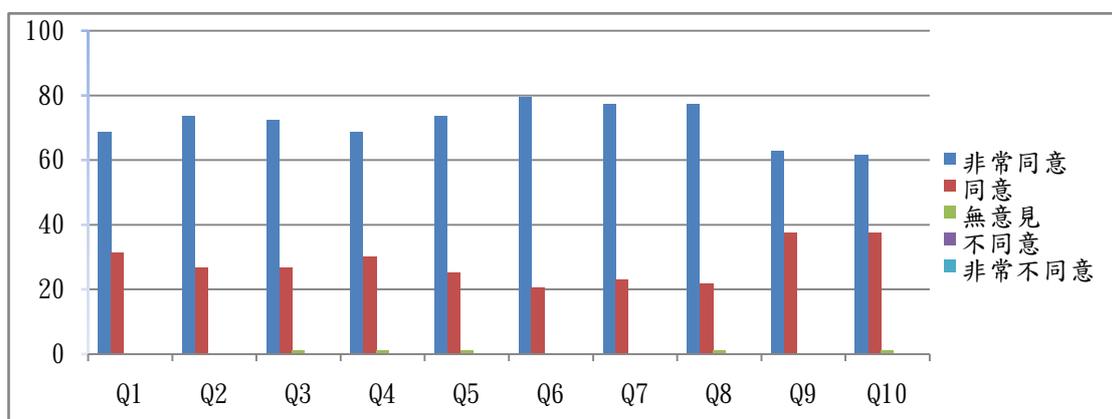


圖 2 國小參與者對「互動式 AR 體積輔助學習裝置軟體」的滿意度分析圖

肆、結論與建議

本研究旨在研發「互動式 AR 體積輔助學習裝置軟體」，研究結果顯示、無論是 45 位職前師資生或 83 位國小參與者皆表示對本研究所研發的 AR 體積輔助學習裝置軟體的滿意度很高，包含容易操作性、實用性高、行動載具方便或攜帶方便等。本研究所研發的「互動式 AR 體積輔助學習裝置軟體」應用結果不僅與 Coiffet (1997)、Burdea 和 Coiffet (2003) 提及虛擬實境具備浸入度、互動性、想像力的論述相呼應，也與許一珍 (2019) 的研究發現相呼應，AR 能提升學童的學習動機。同時，王衍 (2005a & 2005b)、郭淳文和張世慧 (2018)、蔡文毓 (2019)、Billinghurst、Belcher、Gupta 及 Kiyokawa (2003)、Dunser 和 Billinghurst (2011)、Moon 和 Kim (2001) 等提及 AR 既能提供學習者知覺玩趣，也能改善學習動機與提升學習動機等相似論述。綜合言之，若

使用 AR 輔助學習裝置軟體的話，增進學習者順暢的互動學習，提供機會享有獨特的教育益處，也能意外發展出一種新的教學策略，也具有能讓學習者沉溺學習內容中身歷其境的特性等。

其次，本研究建議，若未來有機會，擬驗證職前師資生和國小參與者使用 R 與 ARCS 動機模的整體學習情形（注意力、相關性、自信心，滿足感等）是否有相關性，探究哪些因素會影響其學習情形等問題。臚列數點本研究的結論與建議：

1. 本研究結果顯示，無論是 45 位職前師資生或 83 位國小普通與資源班參與者皆對「互動式 AR 體積輔助學習裝置軟體」的操作性、方便性、攜帶性等功能皆持有高度的滿意度。
2. 本研究結果顯示雖呈現 128 位研究參與者皆對本研究所研發的「互動式 AR 體積輔助學習裝置軟體」抱持很正向高度的滿意度，卻不能代表全國區域性母群組的滿意度，因此，本研究未來擬以培育種子教師，利於在屏東區域性推廣

本套軟體，進行實際操作與問卷調查的蒐集資料與分析資料，若有機會擬號召北、中、南各區學校有興趣的教學者協助驗證與推廣本研究的 AR 體積輔助學習裝置軟體，以利於改善或解決體積的教與學現場問題，旨在提升參與者的學習興趣、學習動機與學習成效。

3. 本研究未來擬培育更多「互動式 AR 體積輔助學習裝置軟體」的職前師資生；旨在將該套 AR 輔助科技融入體積教學中，以因應教育部新課綱的實踐理念與強化職前師資生運用輔助科技融入教學的技能。
4. 本研究未來擬培育更多「互動式 AR 體積輔助學習裝置軟體」的教學種子教師，讓 AR 體積教學能有身歷其境知覺玩趣和多元學習管道；輔助科技融入體積教學，以改善其學習動機與提升學習興趣。
5. 未來擬推廣國小階段體積教學，能嘗試運用本研究已研發「互動式 AR 體積輔助學習裝置軟體」，以作為共同發展素養導向國小特殊教育類科數學跨領域教學方案，包括教學模組、教材、教案和評量。
6. 未來擬建構國小特殊教育師資類科數學領域的線上資源系統，提供「互動式 AR 體積輔助學習裝置軟體」給偏鄉地區學校使用，以彌補與縮短城鄉差距的偏鄉學校的科技輔助資源的匱乏。
7. 建議未來研究能推廣本研究研發的「互動式 AR 體積輔助學習裝置軟體」，不僅可應用於國小普通班、資源班或資優

班體積概念的教學應用上。建議現場教師或未來研究者，除了驗證本研究 AR 輔助學習裝置的操作性、便利性、攜帶性為何，並探究國小參與者學習體積概念等議題延伸的學習成效為何。

8. 本研究者雖認同 Asai、Kobayashi 及 Kondo (2005) 等國外學者所說 AR 在未來教學會是既新興與發展空間大的教學模式，但本研究者認為如何探討學習者的學習動機也是很重，因評估學習成效的過程中，學習動機佔有舉足輕重的角色，故建議未來研究以 Keller (1983a, 1983b, 1984, 1987a, 1987b & 2016) 提出 ARCS 動機模式的四個要素含注意力、相關性、自信心、滿足感的四個要素的動機模式，針對國小參與者使用 AR 輔助學習裝置與 ARCS 動機模式的相關性為何；並以半結構質性訪談學習成效最佳與最薄弱的參與使用者的應用情形，未來根據半結構訪談的結果，再酌情提供更多元的教與學彈性策略，以利於協助提升其學習動機與學習成效。
9. 未來，本研究擬探究 AR 應用於互動式體積數學教材教學之學習情形，並以 ARCS 動機模式分析國小參與者的學習情形，甚至在跨領域的學習情形；以半結構訪談參與者使用者和參與者的教師的使用情形。其次，未來研究亦可藉由互動式體積 AR 輔助學習裝置軟體的教學介入，探討參與使用者的體積概念性和程序性知識的相關性為何。
10. 本研究研發的互動式體積 AR 輔助學習

裝置軟體，未來研究擬以王珩(2005a & 2005b)、Keller (1983a, 1983b, 1984, 1987a, 1987b & 2016)、Keller 和 Suzuki (1988)、Keller 和 Kopp (1987)、Li 和 Moore (2018)、Shellnut、Knowlton 及 Savage (1999) 等人的研究結果發現是否有所差異；進而探究何種因素影響學習動機與學習效果的改變。

11. 未來研究擬驗證許一珍 (2019) 的研究發現，使用 AR 在數位教材相較於傳統圖卡的教學，AR 是否未能提升學童的學習成效，而使用 AR 在數位教材相較於傳統圖卡的教學，AR 對於學童的學習動機影響是否較佳。其次，未來研究擬驗證更多 AR 相關研究，例如：郭淳文和張世慧 (2018)、蔡文毓 (2019) 等研究結果是否能提升學習者在其他跨領域的學習成效和學習動機為何。

參考文獻

- 王珩 (2005a)。國小英語教師學習與教學風格之研究。**臺中教育大學學報：人文藝術類**，**19**(2)，71-88。DOI:10.7037/JNTUHA.200512.0071
- 王珩 (2005b)。從 ARCS 模式探討英語學習動機之激發策略。**臺中教育大學學報：文藝術類**，**19**(2)，89-100。DOI:10.7037/JNTUHA.200512.0089
- 白益新 (2006)。運用擴增實境於多人互動情境之研究-以遊戲式學習為例(未出版之碩士論文)。元智大學，臺北市。

吳天貴 (2007)。建置一個數位遊戲式學習系統以促進能源教育之學習動機及自我覺知(未出版之碩士論文)。中央大學，桃園市。

李文瑞 (1990)。介紹激發學習動機的 ARCS 模型(阿課思)教學策略。**臺灣教育**，**479**，22-24。

李來春、郝光中 (2013)。擴增實境應用於互動式英語教材教學之研究-以國小五年級英語三個單元為例。**國際數位媒體設計學刊**，**5**(1)，51-64。

李孟軒 (2007)。擴增實境科技結合互動式數位典藏展示介面設計之研究(未出版之碩士論文)。崑山科技大學，臺南市。DOI:10.6828/KSU.2007.00047

林信志、湯凱雯、彭郁雅 (2011)。從知覺玩興探討擴充實境導入國小藝術與人文學習領域之成效。**數位學習科技期刊**，**3**(3)，39-56。

林紀達 (2005)。資訊融入國語文教學對學生學習態度與成就影響之研究(未出版之碩士論文)。佛光大學，宜蘭縣。

卓詠欽、王健華 (2008)。擴增實境 (Augmented Reality) 應用於台灣教育之初探研究—以國小自然與生活科技教育為例(未出版之碩士論文)。國立臺灣師範大學，臺北市。

許一珍 (2019)。應用擴增實境於國小自然與生活科技教材之學習成效與動機研究。**中科學報**，**6**(1)，105-115。DOI:10.6902/JNTUS.201912_6(1).0007

許淑玫 (1998)。ARCS 動機設計模式之教學上應用。**國教輔導**，**38**(2)，16-24。

- 張文馨 (2019)。語音辨識結合擴增實境應用於國小英語學習之研究 (未出版之碩士論文)。國立臺北教育大學, 臺北市。DOI:10.6344/THE.NTUE.DTD.025.2019.A10
- 張志全 (2002)。動機策略與電腦焦慮對國小六年級學生社會科網路學習動機的影響 (未出版之碩士論文)。屏東師範學院, 屏東縣。
- 陳年興 (2017)。數位學習理論與實務。臺北縣: 博碩文化。DOI:10.6721/openedu_SP/103000901/104
- 陳志洪、李佳穎、齊珮芸 (2020) 提及擴增實境輔助拼圖學習系統的學習成效、學習動機與學習興趣之影響。教育傳播與科技研究, 123, 21-38。DOI:10.6137/RECT.202008(123).0002
- 郭淳文、張世慧 (2018)。繪本結合擴增實境教學對國小智能障礙學生口語表達成效之研究。特教論壇, 25, 1-24。DOI:10.6502/SEF.201812_(25).0001
- 黃秋霞、吳金聰、江毓鈞、龔士琦、張浩盛、蔡桂芳 (2019)。互動式體積 AR 輔助學習裝置軟體。中華民國專利證書號碼: 新型第 M587341 號。臺北市: 經濟部智慧財產局。
- 蔡文毓 (2019)。結合深層思考促進機制之擴增實境行動學習系統對小學生水墨畫鑑賞課程學習成就及感受之影響。國立臺灣科技大學人文社會學報, 15(2), 131-171。
- 劉信吾 (1999)。教學媒體。臺北市: 心理。
- 劉奕帆、廖冠智 (2011)。魔術方塊之悅趣化空間感知設計研究。設計學報, 16(3), 45-67。DOI:10.6381/JD.201109.0045
- 劉鴻琳 (2017)。擴增實境融入注音符號教學對聽障學生聽辨學習之研究 (未出版之碩士論文)。國立臺北教育大學, 臺北市。DOI:10.6344/THE.NTUE.DTA.065.2017.A10
- 賴漢洲 (2011)。擴增實境應用於國小學童學習之研究以超級細菌為例 (未出版之碩士論文)。國立虎尾科技大學, 雲林縣。DOI:10.6827/NFU.2011.00112
- 謝銘襄 (2011)。應用 ARCS 動機教學策略於網路教學平台之行動研究 (未出版之碩士論文)。淡江大學, 臺北縣。DOI:10.6846/TKU.2011.00677
- 簡見歡 (2010)。擴增實境應用於解剖結構學習 (未出版之碩士論文)。國立成功大學, 臺南市。DOI:10.6844/NCKU.2010.01992
- 蘇俊欽 (2004)。擴增實境應用於中文注音符號學習之研究 (出版之碩士論文) 國立成功大學, 臺南市。
- Asai, K., Kobayashi, H., & Kondo, T. (2005). *Augmented instructions-a fusion of augmented reality and printed learning materials*. Fifth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'05), 213-215. DOI:10.1109/ICALT.005.71
- Azuma, R.T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355-385. DOI:10.1162/pres.1997.6.4.355
- Billinghurst, M., Belcher, D., Gupta, A., & Kiyokawa, K. (2003). Communication

- Behaviors in Co-located Collaborative AR Interfaces. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 16(3), 395-423.
DOI:10.1207/S15327590IJHC1603_2
- Burdea, G. C., & Coiffet, P. (2003). *Virtual Reality Technology* (2nd ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Coiffet, P. (1997). For and Touch Feedback for Virtual Reality by Grigore Burdea, John Wiley and Sons, Chichester, UK, 1996, 339 pp, index (£45.00)., *Robotica* 15(3), 349 - 350. DOI:10.1017/S0263574797220400
- Csikszentmihalyi, M., & Davis, M.S. (1977). Beyond Boredom and Anxiety: The Experience of Play in Work and Games. *Contemporary Sociology*, 6(2), 197-199. DOI:10.2307/2065805
- Drascic, D., Milgram, P., Bolas, M. T., Fisher, S. S., & Merritt, J. O. (1996). Perceptual Issues in Augmented Reality. *Proc. SPIE: Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems III*, 2653, 123-134. DOI:10.1117/12.237425
- Dunser, A., & Billingham, M. (2011). Evaluating Augmented Reality Systems. In B. Frith (ed.), *Handbook of Augmented Reality*, (pp.289-307). NY: Springer.
- Kauffman, H., & Schmalstieg, D. (2006). Designing Immersive Virtual Reality for Geometry Education. *IEEE Virtual Reality Conference (VR 2006)*, 1, 51-58. DOI:10.1109/VR.2006.48
- Keller, J. M. (1983a). Motivational Design of Instruction. In C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional Design Theories and Models: An Overview of Their Current Status* (pp. 383-429). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Keller, J. M. (1983b). Motivational design of instruction, In C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional design theories and models: an overview of their current status* (pp. 384-434). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Keller, J. M. (1984). *The use of the ARCS model of motivation in teacher training*. Shaw, K., & Trott, A. J. (Eds.), *Aspects of Educational Technology Volume XVII: Staff Development and Career Updating*. London: Kogan Page.
- Keller, J. M. (1987a). The systematic process of motivational design. *Performance & Instruction*, 26(9), 1-8. DOI:10.1002/pfi.4160260902
- Keller, J. M. (1987b). Development and use of the ARCS model of instructional design. *Journal of Instructional Development*, 10(3), 2-10. DOI:10.1007/BF02905780
- Keller, J. M. (2016). Motivation, Learning, and Technology. Applying the ARCS-V Motivation Model. *Participatory Educational Research*, 3(2), 1-15. DOI:10.17275/per.16.06.3.2
- Keller, J. M., & Kopp, T. W. (1987). An application of the ARCS model of motivational design. In C.M. Reigeluth

- (Ed.), *Instructional theories in actions: Lessons illustrating selected theories and models* (pp. 289-320). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Keller, J. M., & Suzuki, K. (1988). Use of the ARCS motivation model in courseware design. In D. H. Jonassen (Ed.), *Instructional designs for microcomputer courseware* (pp. 401-434). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. DOI:10.5860/CHOICE.26-0441
- Knowles, M. S. (1975). *Self-directed learning*. New York, NY: Association Press.
- Li, K., & Moore, D. R. (2018). Motivating Students in Massive Open Online Courses (MOOCs) Using the Attention, Relevance, Confidence, Satisfaction (ARCS) Model. *Journal of Formative Design in Learning*, 2(2), 102-113, 2018. DOI:10.1007/s41686-018-0021-9
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., Kishino, F., & Das, H. (1995). *Tele-manipulator and Telepresence Technologies*, 2351, 282-292. DOI:10.1117/12.197321
- Moon, Ji-Won., & Kim, Young-Gul. (2001). Extending the TAM for a World-Wide-Web context. *Information & Management*, 38(4), 217-230. DOI:10.1016/S0378-7206(00)00061-6
- Naime-Diefenbach, B.N. (1991). *Validation of attention and confidence as independent components of the ARCS motivational models*. Unpublished doctoral dissertation, Florida State University, Tallahassee.
- Shellnut, B., Knowlton, A., & Savage, T. (1999). Applying the ARCS model to design and development of computer-based modules for manufacturing engineering courses. *Educational Technology, Research and Development*, 47(2), 100-110. DOI:10.1007/BF02299469
- Shelton, B. E., & Hedley, N. R. (2002). Using augmented reality for teaching earth-sun relationships to undergraduate geography students. *Proceedings of First IEEE International Augmented Reality Toolkit Workshop*, 8, 1-8. DOI: 10.1109/ART.2002.1106948.
- Sommerauer, P., & Muller, O. (2014). Augmented reality in informal learning environment: A field experiment in a mathematics exhibition. *Computers & Education*, 79, 59-68. DOI: 10.1016/j.compedu.2014.07.013
- Weiler, A. (2005). Information-Seeking Behavior in Generation Y Students: Motivation, Critical Thinking, and Learning Theory. *The Journal of Academic Librarianship*, 31(1), 46-53. DOI: 10.1016/j.acalib.2004.09.009

To Investigate the Effects of Applying the Interactive Volume AR Assisted Learning Software in Elementary Mathematics Learning

Chiu-Hsia Huang

Associate professor,
National Pingtung University,
Department of Special Education

Chih-Chiang Yang

Assistant professor
National Pingtung University,
Center of Teacher Education

Abstract

The investigation aimed to execute the practical concept integrated with AR technology assisted into teaching and learning based on 12-Year-Basic-Education-Curricula implementations of Ministry of Education in August 2019. In addition, this investigation aimed not only to design the Interactive Volume AR Assisted Learning Software(hereafter IVARALS) but also to investigate the effects of applying the IVARALS in elementary mathematics learning. Moreover, it aimed to investigate the satisfaction of each participant implemented the IVARALS including the application condition, the practical function, the operational ease, and the carrying convenience.

There were totally 128 participants, including 45 preservice teachers and 83 elementary schoolers; 8 experts across multiple majoring specialists, including 2 professors, 2 general education teachers, 2 resource teachers, and 2 program designed engineers, who participated the development of the IVARALS which was approved with the utility model patent by the Intellectual Property Office (MOEA) in Taiwan.

Collecting the data was by the questionnaire survey for each individual participant; analyzing the collected data was by the descriptive statistics analyses.

Overall, the majority of 128 participants strongly agreed or agreed with the IVARALS that was a very useful tool not only it uplifted their learning motivation but also it acquired their learning attention. Moreover, the IVARALS demonstrated the 3D dimensions that

not only increased the participants' interests but also promoted their learning attention and learning effects. The results indicated that the IVARALS can benefit both students' learning and teachers' pedagogies.

Keywords: Interactive Volume AR Assisted Learning Software, mathematics