

3D繪圖軟體SketchUp融入生活科技展開圖學習活動之行動研究

An Action Research of Adopting SketchUp Software into Development

Drawing Learning Activity in Living Technology Curriculum

陳立庭

國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系

Li-Ting Chen

Department of Technology Application and Human Resource Development,

National Taiwan Normal University

摘要

本行動研究旨在改善生活科技展開圖教學時，學生無法理解平面經旋轉展開後的方向；有缺圖、漏畫平面的狀況；及無法知道斜面的長度。實驗對象為台北市某國中七年級學生，隨機抽選兩個班共45人，實施4節課的實驗，以研究者自編的調查問卷、研究者觀察記錄及作品分析為實驗工具。實際回收有效調查問卷共32人。調查結果顯示3D繪圖軟體Google SketchUp能幫助部分學生理解平面經旋轉展開後的方向；過半學生認為SketchUp輔助下能改善缺圖、漏畫平面的狀況。研究者觀察及作品分析顯示學生均能改善缺圖、漏畫平面的狀況；學生能知道斜面的長度。研究者考慮再次教導展開圖時，增加課堂時間或分解操作步驟以提升教學成效，亦考慮將SketchUp納入其他課程中以增進學生空間關係解讀之能力，加強空間智力。

關鍵字：3D 繪圖軟體、Google SketchUp、行動研究、展開圖

壹、前言

展開圖(development drawing)為測驗空間智力的一種重要素材,其所涉及的認知能力不但實用,也是篩選人才相當重要的作業(陳嘉雯,2008)。在國中小階段加強學童的空間視覺能力十分重要,在學校科目中,能透過數學或生活科技等課程加強學生的空間智力或空間視覺能力。就數學而言,學生在國小利用幾何模型的操作,習得一點立體幾何概念,到高中才會再遇到立體幾何教材(施保成,2011)。就生活科技而言,學生於國、高中透過工程圖學,學習立體圖、三視圖或展開圖等加強空間智力。學生在生活科技課程中,常以繪製立體物件的展開圖,然後組成立體模型的實作活動加強空間智力。然而,研究者在過往教學經驗中發現,國中學生在繪製展開圖時,大多能理解長方體的展開圖,較難理解長方體變化後的L形、凹字形或十字形的展開圖。故研究者擬透過行動研究將3D繪圖軟體Google SketchUp,融入生活科技的展開圖教學活動中,以解決下列困擾學生的問題,增進學生空間關係解讀能力,加強空間智力:

問題一、學生無法理解平面經旋轉展開後的方向。

問題二、學生出現缺圖與漏畫平面的狀況。

問題三、學生無法找出斜面的實際長度。

貳、行動研究

行動研究(action research)是一個人或一群人為解決問題或蒐集資訊以滿足實務需要所做的研究(楊孟麗、謝水南譯,2013)。行動研究可理解為簡化的研究,主要在解決教學現場的問題。換句話說,研究者可以是單一教師或一群教師,為瞭解、改善或解決現存的教學問題,依據研究步驟所進行的研究。其基本步驟為:1.找出研究問題或問句;2.得到所需的資訊回答問題;3.分析及詮釋已蒐集的資料。教師需找到覺得困擾或希望改善的問題,由此產生研究動機,引導其開始研究。而當教師希望改善實務時,行動研究是最適合的(楊孟麗、謝水南譯,2013)。本研究對應行動研究的三個步驟,一一說明如下:

一、找出研究問題或問句

首先,在教導展開圖時,學生無法理解平面經旋轉展開後的方向。學生會將長方形的長邊與寬邊錯置,或在L形的展開圖中,不知如何旋轉L平面而向教師求助。研究發現當空間關係越複雜,受測者對空間關係解讀的正確率會下降(蘇祐琮,2005)。其次,學生有缺圖、漏畫某一展開平面的狀況。例如:在繪製立體凹字形展開圖時,應有10個

平面，學生卻僅繪製 9 個平面或更少，研究發現學童會忽略立體視圖中看不到的隱藏面，因看不到這些隱藏面，就在展開圖中自行扣除掉(江重輝，2008)。此外，若具有斜面的立體物件，學生無法知道斜面的實際長度為何。展開圖課程會因課本版本差異，時有學生尚未習得三角定理的情形，因此無法計算；或有些物件的斜面不易量測長與高因而無法計算。

研究者因上述情形產生研究動機，進而蒐集資訊瞭解他人解決上述問題的方式。

二、得到所需的資訊回答問題

為緩解學生學習展開圖的問題，大多教師透過教具輔助展開圖教學，提升學生的學習表現，加強空間智力。教具可分為實體教具與虛擬教具兩種，實體教具為可在手中操弄之實際物體，虛擬教具為透過電腦播放或操作之數位資訊。實體教具常為課本所附贈或教師自製的紙板，或以書商提供的塑膠教具為主。以李雲浩(2006)為例，其以紙板與紙盒製作各種長方體的展開圖，讓學習者經由實物操作了解展開圖。然而黃榆婷(2010)指出使用課本附件的紙板為教材，有費時費工，固定後難以展開、變換圖形等缺點；若以教科書商提供能反覆操作的立方體塑膠教材道具，則有數量有限，僅能由教師示範或分組輪流使用的缺點。施保成(2011)則認為實體教具不單有教具不易取得的問題；尚有，實體教具過大不易攜帶、收納，過小不易演示解說；紙製品在製作或操弄過程中容易損壞等疑慮。由此觀之，實體教具尚有改進之處，特別是生活科技的立體圖形變化眾多，教師除無法一一製作展開圖教具外，亦無法提供每個學生一個教具，以個別操弄加強空間智力。

為克服實體教具易損壞、無法個別提供等問題，有些教師開始嘗試以虛擬教具輔助展開圖教學。虛擬教具可為教師自製或書商提供的教學影片，或師生透過電腦程式操弄之立體物件。如林小慧、熊召弟、林世華(2006)以動態圖像、Flash 動畫為虛擬教具。施保成(2011)認為以電腦程式產生的虛擬教具適合教師使用，且較傳統實體教具，更具立即性與保留性學習成效，亦可改善學生學習態度。此外，研究結果指出，學生認為虛擬教具可呈現課本無法呈現的教材(施保成，2011)。再者，研究發現當空間關係越複雜時，全像立體影像輔助受測者在空間關係解讀的績效越明顯(蘇祐琮，2005)。亦有研究指出學童在電腦動畫的操作中，可在實物與平面立體圖形兩者之間，得到正確的聯結(江重輝，2008)。賀健琪、楊曉龍(2008)亦認為三維建模，能幫助學生轉換二維圖形和三維圖形。綜上所述，虛擬教具有助於教師加強學生對空間關係的解讀，聯結與轉換

3D 與 2D 圖形，此外虛擬教具亦能個別操作無損壞之問題，有助加強學生空間智力。然而，上述研究多為國小階段的研究，實驗內容為數學課的正立方體的展開圖，即受測者多為國小學童且研究題目聚焦在正立方體。中學階段的生活科技課程，立體物件不單形狀多變且部分具有斜面，能否類推上述研究，仍有待確認。

Google SketchUp 為教師選擇的虛擬教具之一。施保成(2011)依研究結果認為 Google SketchUp 可強化學生的空間視覺概念。周立倫(2008)提出適合於中學的 3D 繪圖軟體，須具備的相關要件，而張玉山、黃國斌(2011)依據其論點認為 Google SketchUp 為合適軟體。Google SketchUp 是一種速度快、三維直觀、簡單而功能強大的 3D 繪圖軟體，被廣泛運用於建築、室內設計、機械設計等領域(施保成, 2011)。其操作介面簡潔，操作行為較為直觀，具免費版，適合運用於教學現場，便於師生學習，不會增加購置軟體的困擾。基於上述原因，本研究採用 3D 繪圖軟體 Google SketchUp 融入展開圖教學，後續以 SketchUp 稱之。

此外，為確認 SketchUp 能否改善前步驟所述的學習問題，本研究以課程意見調查問卷、研究者觀察記錄及作品分析，蒐集相關資料檢驗實驗結果。

三、分析及詮釋已蒐集的資料：

研究者利用 Excel 製作統計表格，分析課程意見調查問卷。發現有 4 成的學生肯定 SketchUp 能幫助理解平面經旋轉展開後的方向。有 5 成以上的學生表示 SketchUp 能改善缺圖、漏畫平面，也能協助找出斜面的實際長度。除調查問卷外，研究者觀察記錄發現學生無人缺漏平面。因為缺漏展開的平面會顯示在 SketchUp 畫面上，學生明顯知道哪個平面尚未旋轉展開，因此全部學生均能改善缺漏平面的情形。作品分析發現學生能知道斜面的長度卻仍不知道如何製作模型。可能是因為知道跟能做到有所差距，可再針對此情況進一步擬定行動研究計畫。研究者透過上述方式詮釋所蒐集之相關資料，以提出研究結果與討論。

參、研究設計

一、研究對象

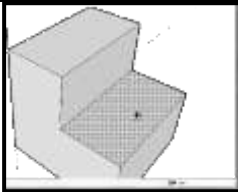
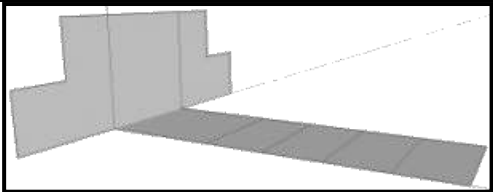
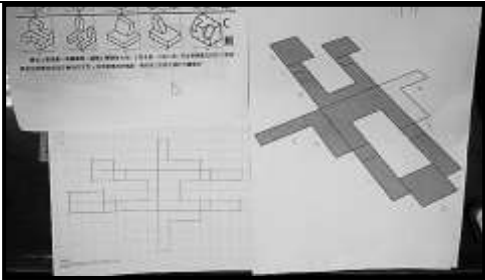

本研究實驗對象為台北市某國中七年級學生，隨機抽選兩個班共 45 人。學生均上過六週的手繪工程圖，課程包含等角圖、等斜圖、三視圖、尺度標註、展開圖等，再接受本次實驗為期 4 週的 SketchUp 教學及展開圖製作。課程中搭配參考自邱聰倚、姚家琦、

吳綉華(2014)的著作編輯而成的學習單，配合實驗學校的電腦，本次教學採用試用版的 SketchUp Pro 2014。

二、研究進度

學生於 4 週的課程中，利用 SketchUp 的旋轉及尺度標註功能完成展開圖，最後繪製於完稿紙上，再製作立體模型。學生於實驗第 1 週習得操作軟體繪製立體物件的能力。於第 2 週利用旋轉功能完成展開圖，輔以尺度標註瞭解尺寸。於第 3 週將展開圖繪製於完稿紙上，再將展開圖剪下製作立體模型。於第 4 週完成立體模型，填寫調查問卷。實驗進度如次頁表 1：實驗進度。

表 1 實驗進度

週次	教學活動	圖示
1	繪製立方體、長方體的變形，標註尺度。	
2	繪製研究者給予的參考圖及完成尺度標註。 透過視角切換搭配旋轉功能展開立體物。	
3	將展開圖繪製於完稿紙上，剪下後組裝。	
4	完成立體模型。填寫調查問卷。	

本次課程學生所繪製的立體物件參考圖如下圖 1：立體物件參考圖。

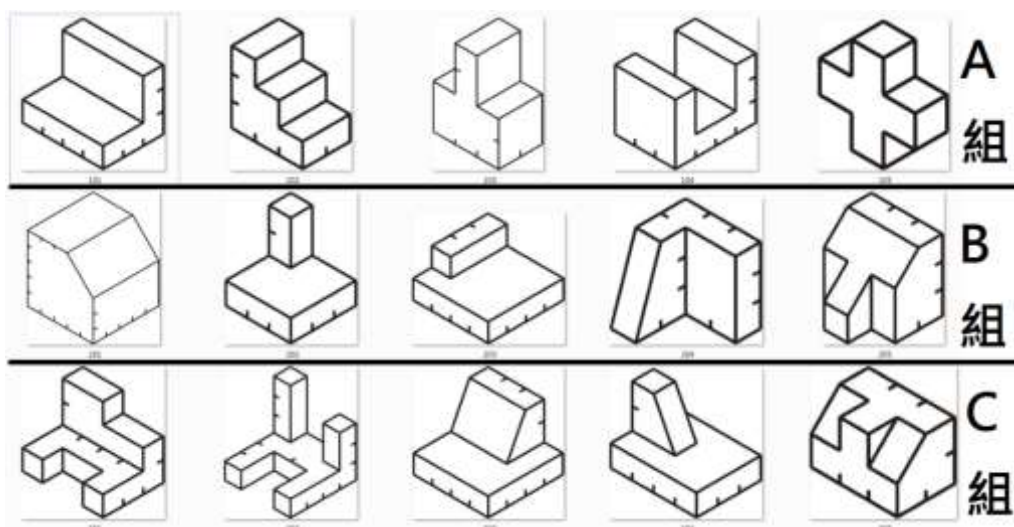


圖 1 立體物件參考圖。

參考圖依照展開圖的難易度分為 A、B、C 三組。A 組為最簡單的題目，多為立方體、長方體的變形，部分為先前手繪課程中的例子，教導後大多學生能理解其展開圖。B 組為中等題目，具有斜面或複合長方體物件，因對稱性減少、平面關係改變，對學生來說難度提高。C 組為困難題目，為多個或具斜面的長方體複合物件，不單空間關係複雜，且平面相對關係不易確認，展開圖多樣化。學生須從 3 組 15 個圖中，挑選 1 個圖完成立體模型。學生通常於國小數學課學習正立方體的展開圖，亦有相關研究（陳嘉雯，2008；黃榆婷，2010；魏春蓮，2005）。然而參閱圖 1，可發現本次立體物件的難度與國小不同，因此嘗試以 SketchUp 輔助學生理解展開圖，加強學生空間智力。

三、研究工具

本研究工具採用研究者自編的課程意見調查問卷、研究者觀察記錄、及作品分析。

課程意見調查問卷由研究者參考施保成（2011）SketchUp 使用態度調查表後，自行設計再與其他生活科技教師討論而成。課程意見調查問卷選用李克特五等第量表，然而在信度與效度上需再加以考量，題目如下列表 2：課程意見調查問卷。

表 2 課程意見調查問卷

學習成效	1.電腦輔助下，有助我理解展開圖。
	2.電腦輔助下，我能自己完成展開圖。
	3.如果時間足夠，我還是無法畫完學習單的任何 1 個圖。
	4.如果時間足夠，我可以自己畫完學習單的 1 個圖以上。

調查問卷第 1 題為回應問題一，由學生自陳 SketchUp 輔助下能否協助理解平面經旋轉展開後的方向。調查問卷第 2 題為回應問題二、三，由學生自陳 SketchUp 輔助下，能否協助改善缺圖、漏畫平面的狀況，及協助知道斜面的長度。調查問卷第 3、4 題為測謊題，當學生兩題均圈選相同反應時予以剔除，調查結果應呈現相反情形。

研究者觀察記錄為研究者記錄學生於課堂中呈現之行為表現或特殊反應。觀察重點在，學生操作軟體或製作立體模型時，所表現的學習行為、提問、或產生困擾的情境，記錄研究者所見以輔助回應問題。

作品分析是研究者依據學生所做之列印圖檔及立體模型進行分析。第一個作品為學生繪製的 SketchUp 圖檔列印文件，學生依此描繪在完稿紙上，產生第二個作品立體模型。研究者依前述兩者分析學生的學習成就。

肆、研究結果與討論

本研究樣本數為 45 人，實際回收有效調查問卷共 32 人。樣本流失乃因學生課程缺漏 3 人、特教生抽離原班 1 人、填答不完整 3 人或未通過測謊題 6 人等。調查結果如次頁表 3：課程意見調查結果。

表 3 課程意見調查結果。(人數與百分比)

課程調查問題	非常 同意	同意	普通	不同意	非常 不同意
	5	4	3	2	1
1.電腦輔助下，有助我理解展開圖	6 19%	7 22%	15 47%	2 6%	2 6%
學 2.電腦輔助下，我能自己完成展開圖	10 31%	7 22%	7 22%	6 19%	2 6%
習 3.如果時間足夠，我還是無法畫完學習	3	1	6	11	11
成 單的任何 1 個圖	10%	3%	19%	34%	34%
效 4.如果時間足夠，我可以自己畫完學習	13	9	6	3	1
單的 1 個圖以上	41%	28%	19%	9%	3%

經過資料分析後，以下將一一回應學生問題獲得解決的情形：

問題一、學生無法理解平面經旋轉展開後的方向。

依據調查問卷第 1 題結果顯示 SketchUp 能幫助部分學生理解平面經旋轉展開後的方向。有 4 成的學生肯定 SketchUp 輔助的功用，若將普通的學生納入約 9 成的學生肯定 SketchUp 輔助的功用，可見大多數人持中立意見。由此看來，SketchUp 能幫助部分學生理解平面經旋轉展開後的方向，即理解展開圖，但對於大部分的學生則認為沒有差異。

研究者認為此情形的解釋為，當學生運用 SketchUp 旋轉展開平面時，類似電腦動畫，以此推理，反應有所幫助的學生可能是空間智力較低的學生。有研究指出透過觀看由科技工具產生的動態 3D 動畫，有助減少空間智能較低的學生的認知需求且輔助學習(Wu & Shah, 2004)，即透過 SketchUp 有助於增進低空間智能學生的學習表現。亦有研究指出運用動畫輔助時，學習者可直接將認知資源專注於動畫所承載者，避免認知資源分散，進而提升學習效果(周保男、吳重言，2014)。此外，近 5 成的學生認為幫助不大，可分兩部分解釋。一部分可能仍是空間智力較低的學生，但需要較多練習，而本次練習時間較不足，因此未能給予足夠的幫助。另一部分可能是空間智力較高的學生，因此覺得幫助不大。

問題二、學生出現缺圖與漏畫平面的狀況。

依據調查問卷第 2 題結果顯示過半學生認為 SketchUp 輔助能改善缺圖、漏畫平面。有 5 成以上的學生表示 SketchUp 有助於自身完成展開圖，若將普通的學生納入，則有 7 成 5 的學

生表示有助於完成展開圖。由此看來，SketchUp 幫助過半的學生完成展開圖，可以於未來對其他學生施以此教學方式，給予更多學生幫助，改善學生的學習表現。而表示幫助不大的學生可能是本身空間智力較高，因此覺得幫助不大。這樣的結果可跟第 1 題一併討論。學生能理解展開圖，與能製作展開圖成立體模型，是兩種概念，前者為認知，後者為技能。因此學生在 SketchUp 輔助下能增加理解部分較多人持中立意見。然而透過 SketchUp 輔助展開立體物件，標註尺寸以協助製作，則持中立意見的學生往同意與不同意兩極方向分配。可能是因學生對軟體操作的不熟悉導致此差異，即 SketchUp 操作能力較好的學生認為有幫助，操作能力普通的學生認為沒有幫助。顯見利用 SketchUp 輔助完成展開圖的功用值得進一步探討，或教師需增加授課時數，提升學生對於 SketchUp 操作的熟悉度。

透過研究者觀察記錄及學生實作模型分析結果顯示學生均能改善缺圖、漏畫平面的狀況。根據觀察及分析學生的展開圖列印文件，發現無人缺漏平面。因為學生透過 SketchUp 旋轉展開平面時，若有缺漏的平面會顯示在 SketchUp 畫面上，學生明顯知道哪一平面尚未旋轉展開，因此全部學生都能夠無缺漏平面的情形，SketchUp 輔助下能夠確實改善此問題。然而學生卻有 SketchUp 操作的困擾，有時會面臨不知該如何操作，使平面旋轉至想要的位置，此議題到教學省思部分說明。

問題三、學生無法找出斜面的實際長度。

依據調查問卷第 2 題結果顯示，過半學生認為 SketchUp 能協助知道斜面的長度。有 5 成以上的學生表示 SketchUp 有助於自身完成展開圖，若將普通的學生納入，則有 7 成 5 的學生表示有助於完成展開圖。

透過研究者觀察記錄及學生實作模型分析結果顯示，學生能知道斜面的長度，卻不知道如何製作模型。根據研究者觀察，學生在製作立體模型時，雖然能運用 SketchUp 的尺度標註功能知道斜面的長度。然而在製作時，雖能照著列印檔繪製，卻無法注意斜面也需要黏貼邊。因此造成立體模型的斜面跟其他面無法黏貼，要另外用膠帶從外黏合。研究者認為，學生知道跟能做到仍然有差距，可再針對此情況進一步擬定行動研究計畫。

伍、教學省思與結論

針對本次行動研究的過程與結論，研究者提出下列省思及建議。

利用旋轉功能將平面轉為展開圖時，須注意視角的選擇。即前述學生不知該如何操作 SketchUp 使平面旋轉至想要的位置。對於部分 SketchUp 操作能力較好或空間智力較好的學生，

能夠運用旋轉功能，完成難度較高的立體物件展開圖。但對操作能力不佳或空間智力較低的學生來說，因 SketchUp 在旋轉功能的操作尚不夠直觀，需搭配視角的選擇，方能減少錯誤與困擾。因此研究者考慮未來增加課堂數，或將操作過程分析簡化，逐步教導以增加學生成功的機會。此外，有少數學生表示轉動視角造成其頭暈不舒服的感覺，未來研究者將再多注意學生的身體狀況。

研究者認為本教學能增進學生對於電腦輔助設計的能力，學生大部分都能自己獨立完成教師給予的立體圖。根據調查問卷問題 3、4，研究者認為，未來可考慮教導學生電腦輔助設計。即將施行的 12 年國教，國中階段的資訊科技，從彈性課程調整為 6 學分的課程，除程式設計與機器人外，亦能夠搭配 3D 列印等機具，供學生更快速將創意與想法轉為實際可見的物體或物件。因此研究者認為可將電腦輔助設計納入未來教學計劃中，或未來課程搭配 SketchUp，如營建科技的室內設計、製造科技的產品模型、或機構物件的簡易模擬。

在教學過程中，研究者發現學生透過 SketchUp 建模的方式較為單一，多為研究者所教導的方式。以 L 型立方體為例，其建模方式有許多種，如將立方體切割後向下推矮，或繪製 L 型平面後拉成立體物件。然而課程因受時間限制，研究者只能示範一種方式，因此學生在後來建模過程中，均採用跟研究者相同的方式。學生們無法想到一些較為快速的方式，可能是起因於對 SketchUp 的不熟悉。研究者考慮未來增加節數，示範多種建模方式，使學生對 SketchUp 更熟悉、操作更好。研究者亦考量教導更多的操作技能，如繪製立體球狀物等。

採用 SketchUp 時，需確認學校的電腦設備及作業系統。本次研究採用試用版的 SketchUp Pro 2014，乃因實驗學校的電腦作業系統為 Windows XP，無法安裝免費的 SketchUp Make 2016 所致。因採用試用版的 SketchUp Pro 2014，只能啟動軟體 8 小時，然而電腦教室具備還原系統，因此每次重新開機均能使用 8 小時，此為一種應變之道。此外，安裝 21 臺電腦，從解開還原到再安裝的過程大約費時 3 小時。

總結以上，本行動研究認為 3D 繪圖軟體 Google SketchUp 可應用於中學的生活科技展開圖教學。虛擬教具不單可在國小階段應用，依本研究結果推論亦可應用於中學階段，然需進一步以更多樣本實驗，以確保實驗結果。SketchUp 可增進部分學生理解平面經旋轉展開後的方向，然而仍有進一步改善的空間。SketchUp 亦能改善全部學生在缺圖、漏畫平面的狀況，乃因 SketchUp 畫面的提示效果。再者，雖然學生能知道斜面的長度，未必有助於實際製作，這部分可以為下一次行動研究的待答問題之一。最後，研究者考慮運用 SketchUp 於其他生活科技課程中。

參考文獻

- Wu, H. K., & Shah, P. (2004). Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Science Education*, 88(3), 465-492. doi: 10.1002/sce.10126
- 江重輝 (2008)。國小長方體表面積之補充教學。國立嘉義大學數學教育研究所碩士論文。臺灣博碩士論文知識加值系統，77919968198716417574。
- 李雲浩 (2006)。國小四年級學生「長方體展開圖」之學習表現研究。國立嘉義大學數學教育研究所碩士論文。臺灣博碩士論文知識加值系統，20791271112314982487。
- 周立倫(2008)。推薦一個適合於中學生活科技課程學習及使用的 3D 繪圖軟體—Rhino 4.0。生活科技教育月刊，41(1)，2-11。doi: 10.6232/LTE.2008.41(1).2
- 周保男、吳重言 (2014)。立體視覺化工具融入國小表面積教學之研究：以 Google SketchUp 為例。臺灣數學教育期刊，1(1)，1-18。doi: 10.6278/tjme.20140307.002
- 林小慧、熊召弟、林世華 (2006)。具體影像空間教學策略與中學生空間能力之相關研究。教育心理學報，37(4)，393-409。doi: 10.6251/BEP.20060412
- 邱聰倚、姚家琦、吳綉華(2014)。SketchUp2013 室內設計速繪與 V-Ray 絕佳亮眼展現。臺灣：基峰。
- 施保成 (2011)。以 3D 電腦輔助設計軟體 Google SketchUp 融入國小複合形體表面積教學對學生數學學習成效之研究。國立臺灣師範大學資訊教育學系在職進修碩士班碩士論文。臺灣博碩士論文知識加值系統，91082012173203891897。
- 張玉山、黃國斌 (2011)。以 3D 繪圖軟體-Google SketchUp 融入生活科技課程「設計與製作」能力學習活動。生活科技教育月刊，44(4)，33-48。doi: 10.6232/LTE.2011.44(4).4
- 陳嘉雯 (2008)。國小學童、大學生與中年人在展開圖摺合過程中的認知歷程。國立臺北教育大學心理與諮商學系碩士論文。臺灣博碩士論文知識加值系統，15741723051678921424。
- 賀健琪、楊曉龍 (2008)。基於 AutoCAD 下的工程製圖教學法的探討分析。陝西教育，9，87。
- 黃榆婷 (2010)。應用悅趣化數位教材於國小學童空間學習成效與展開圖解題歷程之研究。國立臺北教育大學教育傳播與科技研究所碩士論文。臺灣博碩士論文知識加值系統，48206256932772115498。
- 楊孟麗、謝水南 (譯) (2013)。Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. 著。教育研究法：研究設計實務 (How to Design and Evaluate Research in Education)。臺北市：麥格羅希爾，心理。

- 魏春蓮 (2005)。資訊科技融入國小四年級學童立體展開圖學習之研究。國立臺北師範學院數學教育研究所碩士論文。臺灣博碩士論文知識加值系統，77781510815408670038。
- 蘇祐琮 (2005)。全像立體影像輔助三維視覺化能力圖像表現之研究。崑山科技大學視覺傳達設計研究所碩士論文，未出版，臺南市。