

面向教育的未來：從系統思考初探教育範式的轉移

郭重吉

國立彰化師範大學科學教育所榮譽教授

中文摘要

近十餘年來，許多學者、各國政府和民間機構、以及一些跨國組織，運用系統思考致力於探討、研議、規劃、和推動教育的未來發展，期能培養有效因應和開創未來世局的國民，有助於營造個人和集體的福祉，維繫社會和全球的持續繁榮。綜觀這方面諸多的努力，一個逐漸浮現的趨勢是新的教育範式的建立和推展。為了解這方面的新近發展，供做國內教育改革和改進教學的參考，文中參考相關文獻提出一個系統思考的三階模型，一方面，用以說明系統思考有別於傳統線性思考的主要原因，是源自思考模式和世界觀的轉變，並指出這樣的轉變不是要造成二元對立，而是要相輔相成、酌情善加運用；另一方面，有助於文中隨後對於國際間有關教育的回顧和未來發展的評論，以及進一步認識教育範式轉移的趨勢。最後，總結本文重點，對於國內的教育革新宜如何善用系統思考，提供幾點建議，並指出一些可能面對的挑戰與機會。

關鍵詞：思考模式、系統思考、教育範式、世界觀

Facing the Future of Education: A Preliminary Study on the Shift of Educational Paradigm from Systems Thinking Perspective

Chorng-Jee, Guo
National Changhua University of Education Graduate Institute of Science Education
Emeritus Professor

Abstract

For more than a decade, many scholars, governments and non-government institutions, as well as multinational organizations, have used systematic thinking to explore, discuss, plan, and promote the future development of education, with the aim of cultivating citizens who can effectively respond to and create a future world, while contributing to the well-being of individuals and collectives, and maintaining sustained social and global prosperity. Looking at many efforts in this regard, a trend that has gradually emerged is the establishment and promotion of a new educational paradigm. In order to understand recent developments in this area and to provide a reference frame for educational reform and improvement in teaching in Taiwan, the author, referring to existing literature, proposes a three-tier model of systems thinking. It is useful, on the one hand, to illustrate that the main reason why systems thinking is different from the traditional linear thinking is due to the change of the modes of thinking and the worldviews, and to point out that such a change is not meant to create dualistic oppositions, but for them to complement each other and to be appropriately used as the cases may be. On the other hand, the proposed three-tier model of systems thinking is also helpful for understanding the subsequent review of educational reforms and the future development of education from a global perspective, as well as further understanding of the trend of educational paradigm shifts. Finally, the key points of this article are summarized, together with some suggestions on how to make good use of systems thinking in domestic education innovation. The challenges and opportunities for future educational development are also pointed out.

Keywords: mode of thinking, systems thinking, educational paradigm, worldview

壹、前言

隨著時代的演進、社會的變遷、科技的進步和全球化的衝擊等因素，教育的領域和其他各行各業一樣，面對著變化多端和複雜難料的未來，日益感受到不進則退、需要改弦更張預做準備的壓力，因而有關教育的未來發展，不但是世界各國過往數十年來歷次教育改革的核心，更是近年來在教育研究、教育政策和實務推展上面廣受關注的重要議題。回顧和檢討以往教育改革的成敗和侷限，並對教育的未來發展作更進一步的探討、預見和規劃，一個逐漸浮現的共識是：從全球的視野強調未來教育的發展，不僅僅止於教學內容、教學方法和教學環境上局部、零散的改革和創新，而是要跳脫傳統線性思考模式，運用系統思考（systems thinking）從更深層教育範式（educational paradigm）的轉移下手，釐清教育的本質、目標、理想和價值等，進而在教育政策、實施策略、和教學實務推展等進行必要的變革。

系統思考一詞有其特別的意涵，是一整套有別於傳統西方科學化繁為簡探討線性因果關係的思考模式，注重從整體的角度來探討系統的組成、關聯、功能、和目的。本文主要旨趣在於介紹系統思考的觀點、方法和應用，並擇要回顧和評析一些從全球視野探討未來教育發展動向的相關文獻；文中特別提出一個系統思考三階模型，除了有助於釐清系統思考定義分歧的一些問題之外，並可凸顯在系統思考研究和實務的歷史發展過程中，人們思考模式從線性思考朝向系統思考的轉移，以及做為預見、描繪未來教育所涉及教育範式轉移的參考架構。這些方面的議題將在第貳、參兩節中分別說明。接著在第肆節再擇要介紹一些有關全球未來教育發展和教育範式轉移的相關文獻。最後，在第伍節，除總結本文重點之外，並指出國內面對未來教育發展的挑戰與機會。

貳、系統思考的簡介

約自 1960 年代開始，有關系統思考方面的學術研究和實務發展，即已日益受到重視。以國內近期的相關文獻為例，有關系統思考的意義、功能、和一些參考文獻，可以參見林子斌（2017）和莊秀文、陳炯皓、王雅萱、林均泓、陳曉君、葉佳幸（2019）的介紹。相較之下，以英文為主的國外文獻，在內容和數量上，則更為豐富，難以逐一評述。針對本文主要關切的議題，為了凸顯系統思考一些有別於線性思考模式的特性，底下先擇要評述一些回顧有關系統思考的定義、內涵、和歷史演變的國外文獻，其次，再參考相關文獻建構一個系統思考三階模型，作為後續進一步討論的參考。

一、系統思考的定義、內涵、和歷史演變

Kim (1999) 指出，根源於生物學、控制論和生態學，系統思考提供了一種與傳統化約主義強調解析觀點明顯不同的看待世界如何運作的方式；並提醒讀者這不是一個非此即彼的區分，因為有一些問題最好是通過分析思考（analytic thinking）來解決，而另外有些問題則最好是通過全體系統觀點（systemic perspective），這兩種方式我們都需要，才能更好地瞭解和管理我們周遭的世界。他主張系統思考是一種看待和談論現實世界的方式，包括一套觀點、語言和工具。

在 Checkland (2011) 的文獻回顧中提及，「硬性的系統思考」是一種方法（method）旨在設想、設計一個系統，以實現一個合意可取的目標；而「軟性的系統思考」則是一套方法論（methodology），旨在對所使用方法提供一套指導性原則，從理論和其他更廣的考量，允許根據特定情況下調整所採用取徑的特定用途。Checkland 指出硬性/軟性系統思考的區別也可以用基本假設來描述：「硬性的系統思考」體現了實證主義哲學和功能論的社會學；「軟性的系統思考」體現了現象學哲學和詮釋的社會學。他並提醒我們應該注意到，「軟性的系統思考」的觀點（outlook）並沒有拋棄早期所有優秀的「硬性的系統思考」的努力和成就；當涉及到使用「軟性」的系統思考來改進行動時，還是很可能使用到「硬性」的系統思考取徑（approach）來設計和實現一個系統以執行某些行動。

有學者強調系統思考本身就是一個系統；他們指出以往學者們大多傾向於通過化約主義取徑，來分析和定義系統思考，未能考慮到整體系統的一些特性，因而無法完全描述或讓我們深刻理解系統的複雜和動態場景（Arnold & Wade, 2015）。他們主張系統思考應該要包括三大部分：(1)組成元素（在此指系統思考的特徵）、(2)互連（這些特徵的相互關聯和/或回饋方式）、以及(3)功能或目的；而在他們的文獻回顧中，發現大多數的文獻普遍缺少對於系統思考的功能或目的做較詳細的說明。

同樣地，Monat & Gannon (2015) 從他們詳細回顧的文獻中，注意到不同學者對於系統思考定義的一些共同的主題，從而加以彙整，建議把系統思考定義成為是：(1)一種觀點：它認識到系統是一些相互關聯而且必要的元件的集合，其相互關係至少與這些元件本身一樣重要；(2)一套專門用語：其特點可用冰山模型、意外後果、因果迴圈、浮現和系統動力學等為核心加以描述；以及(3)一組工具：包含系統圖、原型、涉及回饋和延遲的因果迴圈、庫存和流程圖、行為隨時間變化圖、主鏈基礎結構、系統動力學/電腦建模、解釋性結構建模和系統根本原因分析等。

也有學者們提到，系統思考可運用在各式各樣的系統，而它在這方面的靈活

性和多功能性已導致許多不同的定義（Shaked & Schechter, 2017）。他們在列舉近二、三十年其他一些學者前後提出的十多種不同的定義之後，指出總體而言系統思考的定義有兩個共同的特點：即一方面，系統思考是立於個別的組成元素之上來查看、理解整個系統，而另一方面，系統中每個單獨的元素要在整個系統提供的情境下來看待。他們注意到系統思考這種注重整體的特性，相對於傳統西方科學強調化約主義的思考模式，涉及到範式的轉移。這也正是在本文中，面對教育的未來發展，我們所特別關注的一個議題。

Cabrera & Cabrera(2019)簡要介紹了系統思考領域的歷史演變，繼前述 1950-1970 年代第一波的「硬性的系統思考」和 1970-1980 年代的第二波「軟性的系統思考」之後，在 1990 年代第三波中強調「批判式的系統」並承認系統思考具有多種方法和取徑；至於第四波浪潮則在過去十年中開始出現，將系統思考設想為思考和學習各種系統（科學、組織、個人和公眾）的概念框架和模型，其應用非常廣泛，包括 K-12、高等教育、專業發展、教育方法學和成人教育學，以及科學、商業、和社會等領域。第四波系統思考突出了系統（自然世界運作的基本單位）與思考（構建真實世界現象的心理模型）的過程，以及基於回饋而修正、演化，使它們更能逼近真實世界的過程。

從歷史沿革劃分這些「波動」，能夠與時俱進地凸顯系統思考這一領域長久以來在意識形態的辯論和概念理解的轉變等方面的特色。類似這樣的看法，也反映在其他一些學者們報導他們參加 Worcester Polytechnic Institute 在 2019 年舉行的系統思考座談會的主要心得（Amissah、Gannon & Monat, 2020；Valerdi, 2020），他們特別提到：系統思考難以界定，也有系統思考的一些定義是相互衝突；並且認為要對系統思考發展出一個被廣泛、共同接受的定義，還有很長的路要走。在上述座談會中廣邀來自紐西蘭、英國和美國等地業界和學術界的世界知名專家，分別分享在系統思考的研究和實踐。

有鑑於占主導地位的傳統分析取向，往往被認為不足以研究複雜現象，為了提供適切的改正措施，Cabrera & Cabrera（2019）指出，可以藉由下列跨越不同系統思考取徑的一些共通性，包括：(1)對系統性現象的整體取向（稱為 holism，「整體主義」），而不是狹隘地關注組成部分（稱為 reductionism，「化約主義」），並伴有複雜系統特有的浮現（emergence）的概念；(2)重視複雜的網路結構，避免過分關注在以層次結構作為系統組織的形式；(3)瞭解視角（perspectives，或稱為 mental models，心智模型）在理解所有現象中所扮演的角色；(4)認識複雜的相互關聯的現象和系統的動態關係，以及隨伴而來對簡單線性因果解釋的懷疑；和(5)允許多元邏輯而不是非此即彼的二元邏輯；跳脫二進位分類和推理框架的限制來對周遭世界進行查看。上述的這些共通性，有助於讓我們體認到系統思考涉及思考模式的轉移，以及在應用它的時候，又該如何面對不同的思考模式。

二、系統思考三階模型的建構

系統思考的一個明顯特徵是採取全體系的視角和方法，兼顧系統內組成元素縱向階層的區別與聯繫，以及各橫向階層內組成元素的共同特性、結構和關係。在許多相關領域的研究和實際應用上面，「冰山」模型和「因果層次分析」模型是常被用來描述在整個系統中，有關係系統和組成要素之間，以及組成要素彼此之間，一些可能的、動態的交互作用；底下先簡要介紹這兩模型，以利隨後建立一個更為簡潔、實用的「系統思考三階模型」。

（一）「冰山」模型和「因果層次分析」模型

以學習型組織為例，針對系統內組成元素縱向階層的區別與聯繫，Senge（1990）引用的「冰山」模型，由上而下依序包含「事件」、「樣式」、「基礎結構」和「信念」或「心智模型」等四個階層。特別要指出在這模型中上下階層的關係不是各自分離，而是，例如，當提到最底層的「心智模型」時，其實就是涵蓋整個系統，把在它上面的「基礎結構」、「樣式」、和「事件」等階層依序包括在內。反之，人們對「事件」層次的知覺、理解、判斷與外顯的行動，是依序受到內隱的「樣式」、「基礎結構」和「信念」或「心智模型」等的影響。

依照 Senge（1990）的看法，系統思考處理問題的方式，通常不會直接針對出現在最上層的個別事件或問題逕行做出反應，而是探索系統中的各種組成元素是如何的相互影響，從過往發生的類似事件尋找其特殊的樣式，進而追溯其來自個人和受到社會文化影響更深層的一些根源；基礎結構的層次關注的是其上層的樣式是受到那些因素的影響？其相互之間的關係為何？一個系統的基礎結構可以包括：實體器物、組織、政策和一些習慣的行為。至於冰山底部的心智模型（mental model），Senge（1990）認為那是使得上一層基礎結構可以繼續發揮其作用的一些信念、假設和概括性的通則，通過這些我們解釋事實的意義、採取行動、和作出決定。

雖然上述「冰山」模型在廣泛的讀者群中引起很大的迴響，但是在學術界裡，許多不同學科領域學者，除了針對如同冰山浮在水面上可以直接觀察、感知的「事件」層次較具共識之外，其餘對應到描述冰山沉在水面以下階層的數目、組成、結構和所用概念、術語等，卻存在著相當程度的歧異。例如，Inayatullah（2004）提出的「因果層次分析」（Causal Layered Analysis, CLA）模型，是依序由「當前事件」、「社會原因」、「話語/世界觀」、和「神話/隱喻」等四個層次組成的。Inayatullah（2004、2013）指出進行因果層次分析面臨的挑戰，是開展在這些分析階層上下移動的研究，從而能夠兼採不同的獲取知識的方式，透過這樣的操作，能夠創造出具真實性的一些未來可能情景（authentic alternative futures）和具有整合性的轉

變 (integrated transformation)。此外，CLA 可以看成為是一種新的研究理論和方法：作為一個理論，它力求整合經驗學者、詮釋學、批判性、和行動學習等獲取知識的方式；作為一個方法，它的效用不是在預測未來，而是在為可能的未來創造一些轉變的空間，它還可能有助於發展更有效的政策，亦即更加深入、更具包容性、更為長期的政策。

(二) 「系統思考三階模型」

類似上述系統思考的階層模型，在心理分析、社會學、和科學哲學等學科領域中，還有許多階層數目多寡不等的類似模型，但是基於實用、精簡扼要的考量，底下參考相關文獻，初步嘗試建立一個「系統思考三階模型」；我們著重的是系統思考的特色和在教育領域的應用，至於實際階層的數目和命名，必要時可酌情調整。

有學者在評顧和彙整許多相關的論述之後，認為系統思考者傾向於從行動作為 (doing)、獲取知識 (knowing)、和了解領會 (seeing) 三個階層來整體地面對、思考、和回應所遇到的事件，這三個階層由下而上就猶如大中小三個可以套疊在一起的容器 (Sterling, 2003)。也有十分推崇孫子兵法的國外學者，利用他們對於天地人模型的體會和詮釋，提出一個包括行動 (actions)、實務 (practice)、和總體識見 (view) 的三階模型，並詳細說明這三者的關聯和互動以及該模型一些可能的應用 (Gimian & Boyce, 2009)。該模型中「View」的含意和上述 Sterling (2003) 所提到的「Seeing」十分接近，通常應可譯為觀點或眼界，在本文中特別針對其在系統模型的位階和實際意涵，譯為總體識見，意指參與者對於整個系統的所見所聞，並據以作為生活處世、行事為人、言行舉止、應對進退等的基礎。Nagel (2015) 提出一個類似 Gimian & Boyce (2009) 的模型，包括：行動 (actions)、方法和實務活動 (methods/practices)、以及世界觀 (worldview)。

相較於上述的三階模型，若把「冰山」模型由上而下的二、三兩層合併，把「因果層次分析」模型的三、四兩層合併，則可看到不同學者所提出的三階模型，除了上層「事件或行動」甚具共識之外，對於底層的內容和稱呼歧異性較大，包括「信念」或「心智模型」、「話語/世界觀」和「神話/隱喻」、「總體識見」、和「世界觀」，但大體上可用「總體識見/世界觀」作為代表。

至於中間那一層，不同學者所分別提到的「樣式」和「基礎結構」、「社會原因」、「獲取知識」、「實務」、和「方法和實務活動」，應可用「社群實務運作」來加以整合。這是因為在教育 and 更廣大的人文社會學術領域，近二十餘年來，對於探討人類的學習、思考、言行和互動等，有許多學者檢討和批判傳統上盛行理論的一些限制和不足，形成了一股所謂「實務轉向」(practice turn) 的風潮，在這

方面的相關文獻中，「實務」是指：「一個行業或學術領域的例行或日常活動」，亦即，實務是包含構成這專門行業或學術領域的各種活動和互動的實際操作（郭重吉，2018）。中間這一層稱其為「社群實務運作」，可以反映當前人文社會學術領域的動態思潮。

配合本文的主要目的，作者彙整上述相關文獻，保留「冰山」模型邏輯層次結構上下疊套、相互連結的隱喻（有別於化約思考中強調各階層的分立和區隔），提出如圖 1 所示系統思考的三階模型，把一個系統視為包含三個階層（對應到圖 1 中的圓圈），圖 1 簡要顯示各階層的主要內容，其餘補充說明如下：

1. 個別事件/活動的層次：例如在個人日常生活中的言語、行為、互動、或其他發生的事件。涉及人們在生物/物理層次對外界訊息的接收、感知、和行動回應。
2. 社群實務運作的層次：在社會、工作、業務、學術等社群中，成員們所參與的一些有特定規範、支持系統、和共同目的的實務措施或活動。這些乃是反映出對於周遭環境在心智/心理層次上的理解、思考、和判斷。
3. 系統整體識見的層次：參與者個人或集體對於整個系統的所見所聞，並據以作為生活處世、行事為人、言行舉止、應對進退等的基礎。這是存在於個人或集體在精神/文化層次上的一些假設、信念、和價值觀。

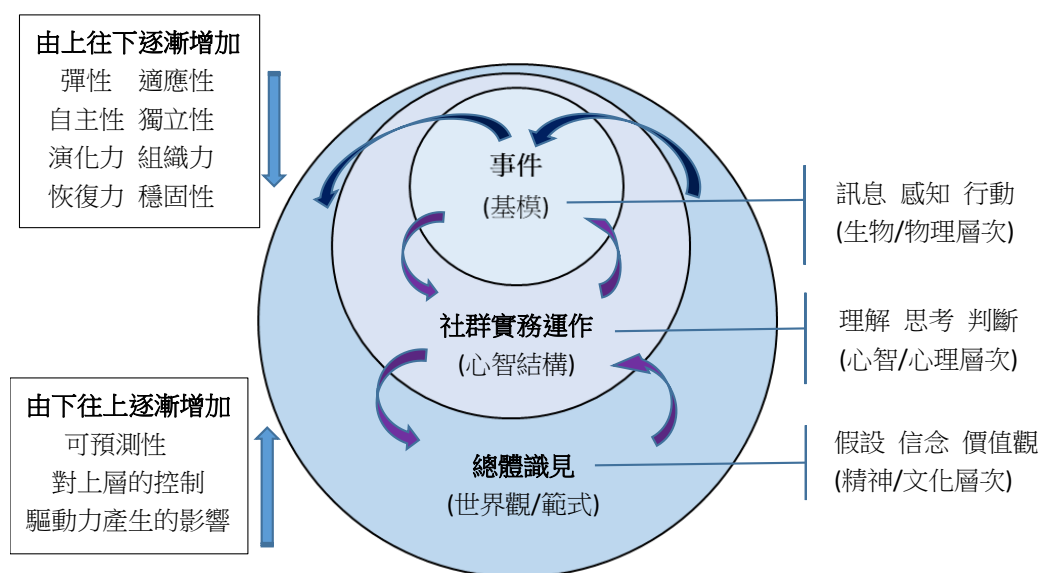


圖 1 系統思考的三階模型

圖 1 左手邊的兩個方塊，是分別用以說明系統思考三個階層的一些屬性，由上往下或由下往上的變化趨勢。例如，針對出現在事件、社群實務運作、和總體識見等三個層次的概念或術語，其適用範圍(彈性、適應性)會由上而下逐漸增大，

其它類推。圖 1 圓圈內的箭頭，呈現整個系統在縱向上三個子系統彼此間的互動和關聯。至於每一階層之內組成元素之間橫向的結構、關聯、和互動，需視實際情況而定，在圖中未能明顯呈現，但是，人們對於在各階層中的心智運作，其實也運用圖中括號所示的基模、心智結構、和世界觀/範式等參考架構，分別做為感知、思考、和處世為人之參考；在這三個交相影響的參考架構中，「基模」(schema) 和「心智結構」(mental structure 或 cognitive structure) 是在心理學和教育學方面比較常見的名詞，也是比較廣被應用和研究的觀念。

至於有關「世界觀/範式」的文獻和論述，對於總體識見和世界觀這兩個名詞及其所代表的概念並未明顯區分 (Underhill, 2011)；一般而言，「世界觀」是整合個人的知識、經驗和直覺使其成為一個包羅範圍很廣、影響深遠的參考架構，將個人的一些基本假設、信念和價值觀加以組織，藉以用來理解自己生活的意義和決定該如何生活以及行事為人；而所謂的「範式」自從庫恩 (Thomas Kuhn) 早期引入後 (Kuhn, 1970)，在學界已廣被視為是特定學術領域中研究人員針對該領域的研究所共通接受、認同的世界觀，因此在一些廣泛的論述中常和世界觀一詞交換使用；如同「事件」、「社群實務運作」、和「總體識見」這三層之間緊密的關聯和互動，「基模」、「心智結構」、和「世界觀/範式」三者之間的關係也是一樣，彼此連結、相互滲透、和以複雜多元的方式整體協同運作。

參、系統思考三階模型的應用

本節中先概略敘述系統思考三階模型在思考模式和世界觀的轉移以及預見教育的未來發展上的應用，至於其在未來教育的規劃和推展的實際應用，則留到第肆節「全球未來教育發展」中再進一步討論。

一、從系統思考三階模型探討思考模式和世界觀轉移

圖 1 所示系統思考三階模型，可用來呼應上一節 Cabrera & Cabrera (2019) 所提到系統思考的歷史發展過程，大體上係先後由上而下關注到此一模型的三個層面，尤其是凸顯出思考模式和世界觀的轉移。準此而言，Keating & Gheorghe (2016) 認為系統思考已逐漸成為系統工程系統 (System of Systems Engineering, SoSE) 一個更有效的必要基礎，並列表從十餘個主要面向將化約論思考和整體論思考做個對比。為便於說明起見，底下利用前述系統思考的三階模型，把 Keating & Gheorghe 所列的表格加以整併和略做修改，成為表 1。

有關世界觀的內涵或屬性，除了表 1 所示要點之外，近十多年來有許多心理學、哲學和科學教育等領域的學者，針對世界觀一詞的定義、組成要素、分類、功用、評量、乃至於對社會和教育未來發展的影響等等議題，進行深入研究並提

供許多可資參考的成果（Dent, 1999；Goldberg, 2009；Hedlund-de Witt, 2014a, b；De Witt, de Boer, Hedlund, & Osseweijera, 2016；Rousseau & Billingham, 2018）。

針對世界觀的轉移，有學者提到，在二十世紀盛行的古典科學，基本上是適用在有規則可循的簡單系統，而其中採信的哲學假設，常被稱為傳統世界觀——其所認定的基本假設包括化約論（reductionism）、客觀觀察、線性因果關係、和把系統所包含的組成分作為主要分析單位等等（Dent, 1999）。相對地，複雜科學是研究、探索、和觀點上面的一種取徑，在這種研究取徑中採用了新興世界觀（emerging worldview）的哲學假設——包括整體論（holism）、觀察是繫於研究者採取的觀點（perspectival observation）、注重相互因果關係（mutual causation）、和把系統組成分間的關係作為主要分析單位等。新興世界觀是由傳統世界觀延伸、擴充而來，就新興世界觀和傳統世界觀對應面向的關係而言，可以是前者把後者包含在內、或是兩者有部分重疊、或是兩者明顯有所差別（Dent, 1999）。

表 1 化約論思考模式和整體論思考模式的對比

階層	屬性	化約論思考模式	整體論思考模式
事件或執行層面	系統	簡單—變數數量少，其互動易於理解，行為較為靜態/易於預測，環境穩定。	複雜—變數較多，許多不是充分理解的交互作用、動態和不確定（浮現的）樣式/行為。
	行為	可預測的—系統行為是可經由瞭解歷史模式/趨勢和系統相互作用而推導得知。	浮現的（Emergent）—系統行為不能事先知道。行為/表現的樣式是通過系統運作而浮現出來的。
	建模	數學/定量—精確關係和可預測行為（數學上）占主導地位。	非數學/質性—本質上是非定量表徵形式。行為無法精確地預測。
實務運作層面	方法	有系統的（Systematic）—所採用的方法是一些可以複製且和情境獨立無關的既定的進程。這是屬於處方性的。	全體系的（Systemic）—採取高層級的指南，提供一般、可調適的方向。分析和綜合並用，兼顧系統內各階層橫向的共同特性和縱向的區別與聯繫。
	目標	明確界定和商定—總體目標和具體目的被認為是明確的，經過界定，和穩定的。	不明確和不斷變化—目標和目的可以有多个不同的詮釋，並且可以是不穩定的。
	外在環境	穩定—來自環境的干擾很小，其對系統解決方案改變的程度/深度是尚可忍受的	狂亂的—干擾可是廣泛的，迅速不斷的發展，並深深影響開發系統解決方案的能力。
		邊界明確—邊界劃定是確定的、穩定並且是可理解的。	邊界不明確—邊界是不斷演變的，不穩定的，和模稜兩可。
	情境影響低—經由明確界定問題，而將情境影響"最小化"。	情境影響高—系統和情境兩者之間的互動被視為整體性的問題。	
範式或世界觀層面	基本範式	化約論—致力於將一個整體分解成細部（分析），經由聚集這些組成部分的性質，即可了解此一整體的表現。	整體論—對系統的了解只能在整個系統的階層上進行，包括組成部分間的相互作用，及其所產生一些有別於組成部分的性質。
	信念	單一性、一致性—大家對周遭世界的持一致看法，對所關切問題的觀點是相同的。	多元化—極有可能大家對周遭世界持不同的看法，對所關切問題存在著多重、不同的觀點。
	隱喻	機械化/技術性—對於可預測的相互關係的清楚理解。	情境背景/社會技術—相互關係和外部影響，本質上缺乏清晰度。

資料來源：改編自 Keating & Gheorge (2016)

Goldberg (2009) 訪談43位環境教育和多元文化的實務工作者，試圖了解他們的世界觀對於實務工作的影響，根據他自己先前的研究經驗和文獻探討的結果，他採用表2所示現實主義世界觀和建構主義世界觀的對比分析研究對象在實務工作上的觀點。訪談結果顯示，研究對象在不同場合所持的觀點，在介於這兩種世界觀整個可能的區間，並非截然前後一致地偏向現實主義抑或建構主義，有經驗的研究對象甚至會出現在這兩者間來回運用的情形。

表 2 現實主義世界觀和建構主義世界觀的對比

	現實主義世界觀	建構主義世界觀
本體論	只有單一存在的現實	現實是以多元的方式存在
認識論	我們可以知道「真相」	我們可比較不同的「真相」
價值論	重視客觀	尊重主觀
優先	注重認知和經驗的分析過程 強調對事件或任務的探討	注重情緒和直覺上的相互關係 強調對互動關係的探討

資料來源：改編自 Goldberg (2009)

以化約論和整體論為例，為了進一步說明兩者之間的關係不是二元對立，而是此消彼長、交相互補，有學者認為當前工商業的許多趨勢都是需要妥善掌理互補的兩極，而不是需要解決問題 (Johnson, 1992; Dent, 1999)；他們並指出化約論和整體論這彼此互補的兩極是相輔相成而非各自獨立，並非哪一方才是「正確的」，也不能以犧牲另一方作為「解決問題」的辦法。對於化約論世界觀和整體論世界觀這兩者之間的關係不是非此即彼的二元對立 (dualism)，而是呈現出相對相反但卻相輔相成的弔詭 (paradox)，後續許多學者亦皆持有類似的看法 (Miller, 2000; Monat & Gannon, 2015; Pickering, 1993, 1996, 2017)。

對於個人和群體而言，從化約世界觀朝向整體世界觀的轉移，涉及比在認知和後設認知層面更為深層的學習和改變。在此嘗試把Bateson (1972) 對於學習和改變的階層區分，改為對應到圖1所示的三個階層，所得結果如下：

1. 第一階的學習或改變：在特定學科領域內認知上的學習或改變，「把事情做得更好」，可比喻為「見樹不見林」。如圖1，這是對應到運用當前的「基模」進行學習。
2. 第二階的學習或改變：對於信念、價值觀和假設在後設認知層次上的學習或改變。可以描述為「做些更好的事情」，「走出去，以便看到一整個森林」和「對森林有一些其他不同的想法」。如圖1，這對應到「心智結構」上面的學習。
3. 第三階的學習或改變：對於作為人的感知和與世界互動的參考架構在認識論上的學習或改變。「用不同眼光看待事情」。如圖1，這是對應到「世界觀/範式」上面的學習。

二、預見教育的未來

近一、二十年來，西方國家在探討有關未來以及未來教育這方面的努力，一個明顯的趨勢是人們越來越體認到，在當前的世代，我們生活環境中許多影響未來發展的重要因素，不但是快速、加速、和頻繁，而且常常是大幅、劇烈的改變。在這方面，常被用來描述和突顯未來本質和特性的用語包括：易變性（Volatility）、不確定性（Uncertainty）、複雜性（Complexity）、和模糊性（Ambiguity），而其英文字首 VUCA 這個源於美國軍事用語的詞匯，在 20 世紀 90 年代開始被普遍使用，約在 2002 年之後逐漸扎根在戰略領導的新興思想，并在全球各地更頻繁的用於從營利性公司到教育事業的各種組織。底下對 VUCA 所代表的意義簡單加以說明（Sinha & Sinha, 2020）。

1. V-易變性：代表變化的本質和動態，以及變化驅力和變化催化劑的本質和速度。有人說變化是世界上唯一不變的。我們周圍的事物正在迅速變化，使人們處於高度不穩定的狀態。
2. U-不確定性：不確定性是指缺乏相關信息時存在的特定狀態，代表缺乏可預測性、令人驚喜的前景、以及對問題和事件的意識和理解。
3. C-複雜性：影響個人或組織的變因的多元性、問題的混淆、缺乏因果鏈、和難以對事物之間的關聯進行全方位的瞭解。由於回饋作用，變項間不再是簡單的綫性因果關係，使得決策變得非常混淆，如何選擇正確的替代方案幾乎是不可能。
4. A-模糊性：現實的模糊朦朧、誤讀曲解的可能性、條件的混合含義，以及因果關係的混淆。再也沒有「一刀切、一體適用」或「最佳」做法了。「不確定性」和「模糊性」之間有一條細微的區別。模稜兩可可是指儘管有相關資料，但從大量資料中並沒有明確發出有意義的信息。

有關未來 VUCA 的特性，雖然分別來看是有四個面向，但其實它們經常是共同出現、交相影響的。體認到未來 VUCA 的本質，對於大多數當代企業，從商業、軍事、教育到政府和其他組織，不但有助於提升看待當前和未來狀態的意識，也有助於提高展望未來、提前計劃、反思檢討、和向前邁進的能力。Bengston（2018）在回顧 50 多年來已發表有關未來研究的文獻基礎上，彙整并描述思考未來的十項核心原則，其中有些項目是密切相關，有的則是矛盾對立。這些核心原則代表學者們對於未來可能發生事件所歸納出來的一些規律和觀點，可以做為思考和討論教育未來發展的參考架構。為方便讀者用以預見教育的未來起見，底下試著利用系統思考三階模型將 Bengston（2018）所列舉的十項未來的核心原則加以整并，簡要敘述如下：

1. 事件或執行層面：未來發展的情景可歸納成下四大類型，(1)持續成長；(2)現況的崩潰；(3)設定目標追求理想；(4)文化與價值觀的轉變。
2. 實務運作層面：(1)未來的改變可以是相對穩定慢慢的，或是劇烈快速的；(2)影響未來改變的因素可以是由內而外，或是由外而內。
3. 整體識見層面：未來不太會是單一的，而更可能是多元的，(1)從可能性很低的，到很可能發生的；(2)從合乎期望、令人滿意的，到帶來危機、令人驚訝的；(3)從熟悉、不足為奇的，到陌生、意義不明的。

基於上述未來 VUCA 的特性以及思考未來的核心原則，在教育的領域中近一、二十年來，越來越受重視，並延伸出許多正面因應未來挑戰的研究、構想、和規劃。在預見未來可能情景，思考因應之道時，雖然有學者主張要掌握正向的要領：例如，用願景（vision）來對付易變性，用理解（understanding）來對付不確定性，用明晰（clarity）或簡單（simplicity）對付複雜性，用敏捷（agility）對付模糊性（Johansen, 2007），但這並不意味著採用各個擊破的方式就行，而是要利用系統思考全面、整體的考慮到這幾個正向要領的綜合運用。

肆、全球未來教育發展

從系統思考的角度而言，教育的未來發展涉及教育系統在過去與未來、內在與外在因素、和全球與當地議題等的整體考量，由於資料繁多（例如，吳清山 2017；Liu, 2015；Cook, 2019；Fullan, Hill & Rincón-Gallardo, 2017），底下擇要回顧部分其他相關文獻，以便利利用系統思考三階模型探討國際上教育改革和教育範式轉移等重要議題的新近發展。

一、近代教育的回顧和反省

有學者指出約自 1980 年之後，在美國大多數流行的教育改革一直是專注於修復過去，他認為這些改革策略雖然用心良苦，但基本上是以競爭、標準化測驗和基於考試的問責制為特徵；面對全球化和科技改變帶來的挑戰，我們需要一個新的教育範式，轉向培養具有創造力、創業精神和全球視野的人才和公民。在全球化時代，以全球視角真正關心其他人的幸福，乃至於人類的生存和文明的延續，對未來教育的發展至關重要（Zhao, 2015）。

也有學者回顧全球近二十多年來的教育改革，整理出九大趨勢（Cheng, 2018）。圖 2 係本文作者應用類似第二節的系統思考三階模型，但改變層次的名稱和圖形呈現方式，將上述九大趨勢歸併成為三個階層。Cheng（2019, 2020）彙整有關文獻，指出教育改革中的七大基本困境，歸併在定向、支持、和執行等三

大類，由下而上分別對應到系統思考階模型的三個階層。套用系統思考三階模型，可將上述教育改革中的七大基本困境列成表 3。



圖 2 教育改革在不同層次的九大趨勢

資料來源：修改自 Cheng (2018)

表 3 教育改革多重困境的分類

階層	類別/困境	影響之所及
執行層面	功能性的 學校本位相對於中央平台	處理學校本位自主權和平等/問責制間的緊張關係；經由中央知識平台的支援制定學校本位的舉措；建立知識密集型和技術密集型的中央平台。
	政治上的 多方面的利害關係人	處理不同利害關係人多樣化的需求和衝突的期望；盡量擴大來自各方參與的效益，減少負面影響。
實務層面	知識上的 在不同層級的規劃和實施	確保為大規模改革提供相關知識和研究資訊；要建立關鍵領域相關專業知識人員的臨界質量；維持改革領導階層和官僚機構強大的知識/智力。
	資源上的 多個和同時進行的行動計劃	避免相互排擠的現象，要減少同時並行計畫數目並排定優先順序；同時採取多項舉措時，要考慮到是否是在教師和學生能力範圍內。
	經濟上的 公共利益相對於私人利益	在改變經費資助模式時，要確保教育公平和品質；決策過程中要保留市場競爭力與國家大事之平衡。
範式/ 世界觀	教育範式 第一、第二、和第三波教改	處理改革措施和背景脈絡之間的落差；消除學校推動計畫和預定目標之間的落差；處理範式轉換期間跨波的落差。
	取向方面 全球取向相對於本地問題	在無不良影響下通過全球化培養本地知識和人力發展；把全球性領先世界的知識當地化。

資料來源：修改自 Cheng (2020)

二、主要跨國組織對未來教育的倡議

本節擇要報導和評析一些主要跨國組織晚近對於教育未來發展的規劃和推展，藉以作為應用系統思考來預見未來的案例，凸顯思考模式和教育範式的轉移對於教育革新的重大影響。

（一）跨國組織近年有關未來教育的文件資料

為從全球的視野，展望未來教育的發展，底下選擇性的列出一些跨國組織近年對於未來教育所出版文件的中文篇名，以供參考。

1. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) : Buckler & Creech (2014)《塑造我們想要的未來》；Miller (2018)《改變未來：21 世紀的展望》；UNESCO (2021)《一起重新構想我們的未來：為教育打造新的社會契約》。
2. Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) : OECD 在 2018 年至 2022 年間，有一系列關於未來教育方面的研究報告，除後面引用到的 OECD (2019)《塑造教育的趨勢 2019》和 OECD (2021)《建構教育的未來》之外，其它主題包括《OECD 學習框架 2030》；《OECD 學習指南針 2030》；《未來學校教育圖景》；《2021 年技能展望：為生活而學習》；和《塑造教育的趨勢 2022》。
3. Global Education Futures (GEF) : GEF (2018)《促進社會轉型的教育生態系統》；GEF (2020)《學習生態系統：未來教育的新興實踐》；GEF (2020)《2020 年代的未來技能：新的希望》。
4. The World Innovation Summit for Education (WISE) : WISE (2016)《面向未來：21 世紀核心素養教育的全球經驗》；另外在 2019 和 2020 年也分別提出《本地學習生態系統：新興模式》和《被顛覆的教育，被重新構想的教育》兩份會議報告。
5. The World Academy of Art & Science (WAAS) : Ramirez & Lindhard (2017)《在速度、複雜性和不確定性不斷提高的時代進行有效學習》。
6. Global Education Leaders' Partnership (GELP) : GELP (2017)：《為了複雜性轉變教育：為什麼、什麼以及如何》；GELP (2019)《展望未來：引領教育轉型》；GELP (2020)《在顛覆性的世界中重新思考教育轉型》。

（二）跨國組織對未來教育的倡議

上述資料的構思和撰寫過程中，大多運用系統思考從整體和上下交相影響的層次，來探討和規劃教育的未來發展，而其主要討論問題可以概括如下：(1)瞭解 21 世紀新的社會和經濟現實狀況，以及影響教育變革的趨勢和驅動力；(2)面對未來，哪些技能和知識將可幫助兒童、成人和老年人過著充實和繁榮的生活；(3)探討教育範式的轉型和變革，例如，哪些學習模式可供個人和人類社群在其整個一生學習歷程中加以運用；和(4)瞭解新興的教育模式需要什麼樣的支持體系。由

於資料來源廣泛、內容十分豐富，底下僅擇要舉出其中少數例子，以略窺未來教育發展的一些重點。

1. 影響教育變革的趨勢和驅動力

WISE（2016）研究報告提到下列三大方面：(1)時代與科技變革，包括全球化、知識時代、科技發展與資訊時代；(2)經濟與社會發展，包括經濟成長、職業需求、人口結構變化、多元文化、環境與可持續發展；和(3)教育發展：包括教育品質提升、教育公平。

OECD（2019）指出形塑未來教育的重要趨勢包括：(1)全球重心的轉移：經濟力量的轉移、全球市場、人類在世界各地的移動性、電子產品和廢棄物、全球研究發展中的新玩家和新遊戲？(2)大眾的重要性：私人的聲音或公共福利？人民的統治、複雜世界中的民族國家、自由/平等/博愛、21世紀的農村；(3)在危機四伏的世界中的安全安穩：個人和健康安全、網路安全、國家安全、環境安全、經濟安全；(4)健康幸福的生活：老齡化社會、健康的畫面、活躍的長者、白銀經濟、數位時代；和(5)現代的文化：互聯經濟、工作場所中性別的角色、家庭的改變、當虛擬變為現實、消費的倫理。

放眼 2050 年，UNESCO（2021）指出我們面臨的一些顛覆性轉變會對教育產生重大影響，而我們在教育領域的共同行動也會反過來對這些因素產生影響。這些顛覆性轉變在底下幾個關鍵領域已經清晰可辨：(1)地球危在旦夕，但脫碳和經濟綠色轉型正在推進當中；(2)民主治理出現倒退，由身份認同驅動的民粹主義情緒抬頭；(3)數位技術蘊含巨大的變革潛能，但我們還沒有找到將技術潛力化為現實的路徑；和(4)隨著人工智能（AI）、自動化和結構轉型重塑全球就業格局，創造以人為本的體面工作將成為更加艱巨的挑戰。

2. 未來公民需要哪些知識和能力？

GELP（2017）的報告指出，「傳統」21世紀能力是必要的，但這不夠，還需要：(1)知道「為什麼」比僅僅知道「什麼」更重要，學習者的動機是驅動力，因為新市場—以及「經濟」維度以外的許多事物—是被由動機激勵/的人所創造出來；(2)為「戰略不確定性」做好準備，這需要個人的復原力，加上專注，再加上後設認知；(3)我們需要從多方面培養學習者「樹立個人世界觀」的能力；和(4)不僅發展能力，而且要形成 21 世紀可持續生態複雜文明的價值觀。

GEF（2018）針對未來職業工作上應具備的知識/能力的建議如下：(1)特定情境脈絡的技能，可以是專業的技能，肢體技能或社交技能；(2)跨情境脈絡的技能—可以應用於更廣大的社會或個人領域活動的技能。如讀寫能力，時間管理能力、團隊合作技能等；(3)元技能—主要是操作在我們頭腦或物理世界的物件（客體）的一些不同的模式，非常接近所謂的「多元智慧」或「智慧模式」，範

圍從邏輯的，到肢體的，和人際交往的；和(4)在最基本的層面上，可以普遍應用在貫穿個人一生不同生活環境中的「生存」技能，其中包括設定目標付諸實現的能力（意志力），自我意識/自我反省（元知識），學習/忘却所學/重新學習能力（自我發展）。

3. 新的教育範式

The World Academy of Art & Science (WAAS) 和 World University Consortium 自 2013 年開始，已召開一系列的 International Conference on Future Education (ICFE)。以第二屆 ICFE 為例 (Ramirez & Lindhard, 2017)，會議主題和演講者的報告，主要是圍繞著表 4 所示新舊教育範式的對比。表中最左邊一欄是作者套用系統思考三階模型添加上去的。比較表 4 和表 1 的內容，可以看到面對教育的未來，思考模式和教育範式的轉移是彼此密切連結的。

表 4 新舊教育範式的比較

系統思考階層	舊的教育範式	新的教育範式
執行層面	以教材為中心 被動的灌輸 個人互相競爭	以學生為中心 主動的學習 小組合作學習
實務層面	標準化的實力 資訊 抽象知識	適性創新的個體性 價值本位的知識 理解和批判性的分析
世界觀層面	機械化和化約式的思考 心智知識的轉移 零散和分門別類的知識	有機、整體和跨學科思考 健全個人的發展 情境化的知識

資料來源：修改自 Ramirez & Lindhard (2017)

Luksha et al. (2018) 在 GEF 的報告中也特別強調教育範式的轉移。他們的看法是工業時代大規模教育并非為了讓我們生活在複雜的世界而做好準備，它減少了我們的創造性的潛力和我們天生的相互協作能力，它讓人們成為好的工人但却剝奪我們天生的敏銳，它切斷我們和生活和生命過程的連結，因此，我們對於 21 世紀教育系統的重新設計，應密不可分的解決人們在經濟、生態、和政治上的自私自利、不公不義，進而為人類共同的智慧、財富和幸福打開新的門路。

上述報告中也提到，未來新的教育範式將朝向，使社會能夠最大限度釋放個人和人類集體的潛力，強調欲期促成興旺繁榮導向的同理心和基於智慧的社會，在學習過程中將有層次的包括以下四個綜合維度(Luksha et al., 2018)：

- (1) 個人內在：內在的繁榮成長，傾聽自我，培養自知之明，直覺，同理心，真實感和活力，並最終導致一個快樂，健康和充實的生活。

- (2) 人際之間：與他人、社區的歡樂，和他人一起並從對方學習，參與開放、體貼且快樂的行動以實現集體的健康和智慧。
- (3) 跨物種：整個生態系統地傾聽和承認我們與自然界和所有生物的相互依存和終極的統一，我們與生物圈所有物種一起生活並同共同進化的能力。
- (4) 跨世代：抱持著進化的、整體的心態，傾聽流逝的過往、刻正進行和即將到來的未來，在與此共舞之中找到能力發揮自己的角色。

UNESCO (2021) 指出，教育可以從社會契約的角度來審視。社會契約這樣的概念雖然未必等同於教育範式，但兩者之間的關係密切。OECD (2021)《建構教育的未來》的研究報告中也提到，社會契約是某一社會全體成員就該社會行動的基本準則取得的一致協議，通常帶有假設或想像性質；通過灌輸對知識的共同規範(或準則)、共同的行為和集體社會價值觀，教育發展了共同的身份認同和歸屬感。UNESCO (2021) 強調新的社會契約必須立足於人權所基於的包容、公平、合作、團結以及集體責任和相互關聯等廣泛原則，從而提出兩項基本原則 (1, 2)、五點革新教育建議 (3-7)、和推動面向教育的新社會契約的四點呼籲 (8-11)，為利參考起見，我們利用三階模型彙整如表 5。

4. 爲了促進教育系統的轉型需要怎樣的支援體系？

WISE (2016) 指出爲了促進 21 世紀核心素養教育的落實，需要怎樣的支援體系包括：(1)建立從教育系統內到教育系統外全方位的支撐體系；(2)探索基于 21 世紀素養的教師專業發展的途徑，加強教師研修的有效性；和(3)打造促進 21 世紀素養教育的可複製、可推廣的系統解決方案。

GELP (2020)《在顛覆性的世界中重新思考教育轉型》報告中特別提到，對於如何才能實現大規模的教育轉型？與會者提出了至少三個因素：

- (1) 領導：儘管已經開展的許多努力都是自下而上開始并有機發展起來的，但領導者對於塑造和維持這些努力至關重要。領導者爲轉型後的系統制定和維護願景，招募和支持參與者和合作夥伴，并調動資源。
- (2) 公共政策：政策支持對於維持新的學習生態系統也至關重要。政策支持可以提供資源并消除障礙。
- (3) 夥伴關係：新的學習生態系統必然將不同的合作夥伴聚集在一起，爲年輕人提供不同環境中的學習機會。因此，轉型將需要能够將不同社區縫合在一起的“編織者”。

表 5 符合新的社會契約的未來教育

層次	特點
事件/活動層次 (行動和行動者)	(3) 教學法宜強調合作、協作和團結等原則。 (4) 課程宜幫助學生獲取和創造知識，培養批判和應用知識的能力。 (5) 教學應進一步專業化，教師應被視為教育和社會轉型的關鍵人物。 (6) 將學校作為促進包容、公平和集體福祉的不可或缺的場所加以保護。 (7) 擴大在不同文化和社會空間中接受教育的機會。
實務運作層次 (如何促進學習)	(8) 開展關於終身受教育權的合作研究計劃 (9) 促進全球團結與開展國際合作。 (10) 大學和其他高等教育機構必須積極參與。 (11) 要讓人人都能夠參與構建教育的未來。
整體識見層次 (基本原則)	(1) 確保終身接受優質教育的權利。 (2) 加強作為一項公共事業和共同利益的教育。

資料來源：修改自 UNESCO (2021)

(三) 小結

綜上所述，相對於以往許多專注於修復過去、局部片面的教育改革，上面這些文獻的主要特色，一方面是運用系統思考從比較整體、全面、長遠的視野來對未來教育進行周詳的規劃，另一方面是面對全球化、科技、環境改變等等因素的挑戰，普遍體認到需要建立一個新的教育範式，強調培養具有創造力、創業精神和全球視野的公民，關心其他人的幸福，乃至於人類的生存和文明的延續，而這將會需要教育實務運作和事件層面上適當舉措和活動的配合。

伍、結語：挑戰和機會

本文以跨國組織晚近對於未來教育的倡議為例，凸顯系統思考對教育的未來發展，在理念、目標和方法上所扮演重要的角色，文中對於這些議題的評論當有助於說明系統思考涉及不同思考模式和世界觀的轉移，也會涉及在認知、後設認知、和總體識見等層次上的學習與改變。在國內，隨著 108 課程大綱的公布實施，近年來有關教育革新的議題，也日益受到重視，這是一個進一步考慮、研議、和推展有關教育未來發展的好時機，朝這方向的努力，自然是充滿挑戰和機會。對於如何善用系統思考的觀點、取徑、和方法，致力於課程、教學方法、教學環境、教學目標、和教育政策等方面的改善，期能獲得最佳成效或促成整個系統的變革，底下拋磚引玉提出幾點個人淺見。

首先，除了解和參考國外新近發展之外，要通盤考慮到國情、教育制度、教學環境、家長和社會的期許、以及國內學生的學習特性和需求等等綜錯複雜的因素。對於本文提供的論點、模型、方法、和研究報告等，要評估其適用條件、範圍、和限制。

其次，宜善用系統思考，從整體、全面的角度，深切反省檢討國內以往教育

改革的成敗得失，找尋其重要影響因素和互動、回饋機制，做為持續改進與革新的參考。

最後，系統思考的善加運用，涉及一個新的教育範式的建立，以及在思考模式和世界觀層面一些信念、價值觀、或基本假定等的改變。要促成大多數人思考模式和世界觀的轉移，其難度之高不難想像；但是從系統思考的角度來看，未來在從地區到全球相互連結的教育/學習生態的複雜系統中，透過參與人員和教育系統其他元素的互聯、交相影響、和回饋，並妥善運用新興科技和教育研究與理論的新近發展，則在適當的場地、規模、條件和時機之下，一個新的教育範式的浮現或許可以成為事實。

參考文獻

- 吳清山（2017）。**未來教育發展**。臺北市：高等教育。
- 林子斌（2017）。見樹也見林的問題解決工具：系統思考在臺灣中等教育的可能性與挑戰。**中等教育**，**68**(4)，8-15。
- 莊秀文、陳炯皓、王雅萱、林均泓、陳曉君、葉佳幸（2019）。系統思考之實踐：專案導向式學習教學。**課程與教學**，**22** (3)，77-98。
- 郭重吉（2018）。從實務理論初探教學實務模型的發展與應用。**師資培育與教師專業發展期刊**，**11**(3)，31-59。
- Amissah, M., Gannon, T. & Monat, J. (2020). What is systems thinking? Expert perspectives from the WPI systems thinking colloquium of 2 October 2019. *Systems*, *8*, 6.
- Arnold, R. D. & Wade, J. P. (2015). A definition of systems thinking: A systems approach. 2015 Conference on systems engineering research. *Procedia Computer Science*, *44*, 669-678.
- Bateson, G. (1972). *Steps to an ecology of mind*. San Francisco, CA: Chandler, as cited in Sterling, S. (2010). Learning for resilience, or the resilient learner? Towards a necessary reconciliation in a paradigm of sustainable education. *Environmental Education Research*, *16*, 511-528.
- Bengston, D. N. (2018). Principles for thinking about the future and foresight

education. *World Futures Review*, 10(3), 193-202.

- Buckler, C. & Creech, H. (2014). *Shaping the future we want: UN Decade of Education for Sustainable Development; final report*. Unesco: Paris, France.
- Cabrera, D. & Cabrera, L. (2019). What is systems thinking? In M. Spector, B. Lockee, & M. Childress (Eds.), *Learning, design, and technology* (pp. 1-28). Cham, Switzerland: Springer.
- Checkland, P. (2011). Autobiographical perspective: Learning your way to ‘action to improve’-the development of soft systems thinking and soft systems methodology. *International Journal of General Systems*, 40(5), 487- 512.
- Cheng, Y. C. (2018). What impact systemic education reforms have made on key aspects of the education systems? In J. Zajda (ed.), *Globalisation and education reforms. Globalisation, comparative education and policy research* (Vol. 19, pp. 205-229). Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Cheng, Y. C. (2019). *Paradigm shift in education*. London: Routledge.
- Cheng, Y. C. (2020) Education reform phenomenon: A typology of multiple dilemmas. In G. Fan, & T. Popkewitz (eds.), *Handbook of education policy studies*. Singapore: Springer.
- Cook, J. W. (2019). Learning at the edge of history. In *Sustainability, human well-being, and the future of education*. Cham, Switzerland: Springer.
- Dent, E. (1999). Complexity science, a worldview shift. *Emergence: The Journal of Complexity in Management and Organizations*, 1(4), 5-19.
- De Witt, A., de Boer, J., Hedlund, N. & Osseweijer, P. (2016). A new tool to map the major worldviews in the Netherlands and USA, and explore how they relate to climate change. *Environmental Science & Policy*, 63, 101-112.
- Fullan, M., Hill, P. & Rincón-Gallardo, S. (2017). *Deep Learning: Shaking the Foundation*. Ontario, Canada: Fullan, M., Quinn, J., & McEachen, J.
- Gimian, J. & Boyce, B. (2009). *The Rules of Victory: How to Transform Chaos*

and Conflict--Strategies from The Art of War. Shambhala Publications.

- Global Education Futures [GEF] (2018). *Global Education Futures Reports: Educational ecosystems for societal transformation*.
- Global Education Futures [GEF] (2020). *Learning Ecosystems: An Emerging Praxis for the Future of Education. Report by GEF & Moscow School of Management SKOLKOVO*.
- Global Education Futures [GEF] (2020). *Future Skills for the 2020s: A New Hope*.
- Global Education Leaders Partnership [GELP] (2017). *Transforming education for complexity: Why, what, and how. Report on GELP Moscow 2017 conference results*.
- Global Education Leaders Partnership [GELP] (2019). *Anticipating the Future: Leading Education Transformation. Report on GELP Israel 2019 conference results*.
- Global Education Leaders Partnership [GELP] (2020). *Rethinking Education Transformation in a Disrupted World: NCEE's Report from the 2020 Virtual Meeting of The Global Education Leaders' Partnership*.
- Goldberg, R. M. (2009). How our worldviews shape our practice. *Conflict resolution quarterly*, 26(4), 405-431.
- Hedlund-de Witt, A. (2014a). Rethinking sustainable development: Considering how different worldviews envision “development” and “quality of life”. *Sustainability*, 6(11), 8310-8328.
- Hedlund-de Witt, A. (2014b). The integrative worldview and its potential for sustainable societies: A qualitative exploration of the views and values of environmental leaders. *Worldviews: Global Religions, Culture, and Ecology*, 18(3), 191-229.
- Inayatullah, S. (2004). Causal layered analysis: Theory, historical context, and case studies. In Sohail Inayatullah (Ed.), *The causal layered analysis (CLA) reader* (pp.1- 52). Taipei, Taiwan: Tamkang University.
- Inayatullah, S. (2013) Futures studies: Theories and methods. In F., Gutierrez

Junquera (ed.) *There's a future: Visions for a better world* (pp. 36-66).

- Johansen, P. B. (2007). *Get There Early*, Berrett-Koehler Publishers.
- Johnson, B. (1992). *Polarity management: Identifying and managing unsolvable problems*. Amherst, MA: HRD Press, as cited in Dent, E. (1999). Complexity science, a worldview shift. *Emergence: The Journal of Complexity in Management and Organizations*, 1(4), 5-19.
- Keating, C. B., & Gheorghe, A. V. (2016, June). Systems thinking: Foundations for enhancing system of systems engineering. In *2016 11th System of Systems Engineering Conference (SoSE)* (pp. 1-6). IEEE.
- Kim, D. H. (1999). *Introduction to systems thinking*. Waltham, MA: Pegasus Communications.
- Kuhn, T. S. (1970). *The structure of scientific revolutions*. University of Chicago Press: Chicago.
- Liu, J. (2015). *Education for the future: The global experience of developing 21st century skills and competencies*.
- Luksha, P. (2016). *Preparing for the tide: Future of education in the 21st century*. Global Education Futures.
- Luksha, P., Cubista, J., Laszlo, A., Popovich, M., Ninenko, I., & participants of GEF sessions (2018). *Global education futures report. Educational ecosystems for societal transformation*.
- Miller, R. (2000). Beyond reductionism: The emerging holistic paradigm in education. *The Humanistic Psychologist*, 28(1-3), 382-393.
- Miller, R. (2018). *Transforming the future: Anticipation in the 21st century*. Taylor & Francis.
- Monat, J. P. & Gannon, T. F. (2015). What is systems thinking? A review of selected literature plus recommendations. *American Journal of Systems Science*, 4(1), 11-26.

- Nagel, J. (2015). *Art of hosting worldview* (Unpublished doctoral dissertation). Tilburg University, Tilburg, Netherlands.
- Organization for Economic Cooperation and Development [OECD] (2019). *Trends Shaping Education 2019*. Paris, France: OECD Publishing.
- Organization for Economic Cooperation and Development [OECD] (2021). *Building the future of education*. OECD Education and Skills.
- Pickering, A. (1993). The mangle of practice: Agency and emergence in the sociology of science. *American Journal of Sociology*, 99(3), 559-589.
- Pickering, A. (1996). *The mangle of practice: Time, agency, and science*. University of Chicago Press.
- Pickering, A. (2017). In our place: Performance, dualism, and islands of stability. *Common Knowledge*, 23(3), 381-395.
- Ramirez, J. M. & Lindhard, T. (2017). Second International Conference on Future Education: Effective Learning in an Age of Increasing Speed, Complexity and Uncertainty.
- Rousseau, D. & Billingham, J. (2018). A systematic framework for exploring worldviews and its generalization as a multi-purpose inquiry framework. *Systems*, 6(3), 27.
- Senge, P. M. (1990). *The fifth discipline: The art and practice of the learning organization*. New York, NY: Doubleday Currency.
- Shaked, H., Schechter, C. (2017). *Systems thinking for school leaders*. Dordrecht: Springer.
- Sinha, D. & Sinha, S. (2020). Managing in a VUCA world: Possibilities and pitfalls. *Journal of Technology Management for Growing Economies*, 11(1), 17-21.
- Sterling, S. (2003). *Whole systems thinking as a basis for paradigm change in education - Explorations in the context of sustainability* (Unpublished doctoral dissertation). University of Bath, UK.

- Sterling, S. (2010). Learning for resilience, or the resilient learner? Towards a necessary reconciliation in a paradigm of sustainable education. *Environmental Education Research*, 16, 511-528.
- Underhill, J. W. (2011). *Creating worldviews: Metaphor, ideology and language*. Edinburgh: Edinburgh University Press.
- UNESCO (2021). *Reimagining our futures together: a new social contract for education*. International Commission on the Futures of Education, 2021. Paris: UNESCO.
- Valerdi, R. (2020). Takeaways from a systems thinking colloquium. *Systems Engineering*, 52(2).
- Zhao, Y. A. (2015). A world at risk: An imperative for a paradigm shift to cultivate 21st century learners. *Society*, 52, 129-135.
- World Innovation Summit for Education [WISE] (2016). *Education for the Future: The Global Experience of Developing 21st Century Skills and Competencies*. By Liu Jian. China Education Innovation Institute, Beijing Normal University.

