

推動 STEM 教育：如何評估學習成果

吳小萍

香港中文大學碩士生

馮澤謙

香港教育大學博士生

摘要

香港的 STEM 教育缺乏了一個量化的評估工具去評估學生在 STEM 中的表現，本文利用了系統綜述的方法，對現時香港教育局、非牟利團體、中、小學 STEM 教育架構進行檢視、找出它們的目標和所期望效益，最終設計了一個名為「STEM Assessment for Hong Kong (SAHK)」的 STEM 教育大型量化評估工具。從跨學科知識素養到生產效率和責任承擔，SAHK 一共包含 12 個項目。本文期望借著 SAHK 並透過其所引起的延伸研究，最終透過與其他質化檢測兩者相互配合和補足，達到對學生 STEM 學習效能作全方位、全面的評估，進而增加香港 STEM 教與學的整體效能。

關鍵詞

二十一世紀技能、評估、大規模學習評估、STEM 教育、STEM Assessment for Hong Kong (SAHK)

簡介

什麼是 STEM 教育？

在 90 年代，美國國家科學基金會 (National Science Foundation, NSF) 提出一個名為「SMET」的概念，當時僅代表了四個科目（科學、數學、工程及科技）的統稱，即 Science, Mathematics, Engineering 和 Technology 的縮寫，經過了差不多二十年的變化，才逐漸演變成今日的「STEM」(Sanders, 2009)。現在 STEM 是代表科學 (Science)、科技 (Technology)、工程 (Engineering) 及數學 (Mathematics) 的英文字的首字母的縮寫 (Sanders, 2009)。隨之而生，STEM 的教與學就被稱為 STEM 教育。例如 Sanders (2009) 便把 STEM 教育定義為「兩個或以上學科一起的教與學活動。」(p.21)；又例如 Moore, Stohlmann, Wang, Tank, Glancy, and Roehrig (2014) 就把 STEM 教育定義為「以結合科學、科技、工程和數學等四個學科去連繫學科與實際問題的課堂。」(p.38)

為什麼要有 STEM 教育？

進入 21 世紀，世界各地越來越重視高科技的發展和高增值的產業，社會亦越趨渴求能將不同科目知識能融會貫通的人才以應付日新月異的挑戰，STEM 亦因此備受青睞。有不少國家進行了不同方面的研究，數據顯示 STEM 可以大大提升國內生產總值增長，因此，STEM 教育便成了各國各地重中之重的議題之一 (Australian Industry Group, 2013; National Science Board, 2012)。

現時的問題：缺乏檢測成效的工具，即需要更快，更易，更普及的檢測工具

縱然 STEM 教育已經是重點項目之一，本港的 STEM 教育仍存在不少問題（例如：教師支援不足及缺乏明確教學指引）。

香港教育工作者聯會 (2017) 的研究報告就顯示出有接近 7 成前線教育工作者對 STEM 教育的認知不足，當中包括不知道怎樣連繫四個學科和不理解想要達到的教學效果，而支援 STEM 教學的工具（例如評估工具）亦不足夠，繼而造成現時 STEM 教育效果不夠好的原因。

本研究的重要性

有見及此，本文將從香港的角度出發，透過整理和歸納現時香港教育局、社會團體以至各香港中、小學之 STEM 教育之架構以建構出一個簡單、實用的 STEM 教育成果量化檢測的工具。它不單可以大大地節省現時的檢測時間，還可以對多個對象進行檢測。而且有別於其他質化的檢測工具，量化檢測工具更適用於進行量化評估作標準化測試之用，以為全港將 STEM 教育進一步普及化鋪路。而從微觀角度上來看，因有了清晰而明確的評估工具作指標，老師們教學時便可以更聚焦於 STEM 教育的目標和效果上，從而令學習效能進一步提升。

研究問題

為了設計一個適用於香港教育局、香港中、小學之 STEM 教育的測量工具，本文將分成兩部分，於第一部分，以下的問題將會被調研清楚：

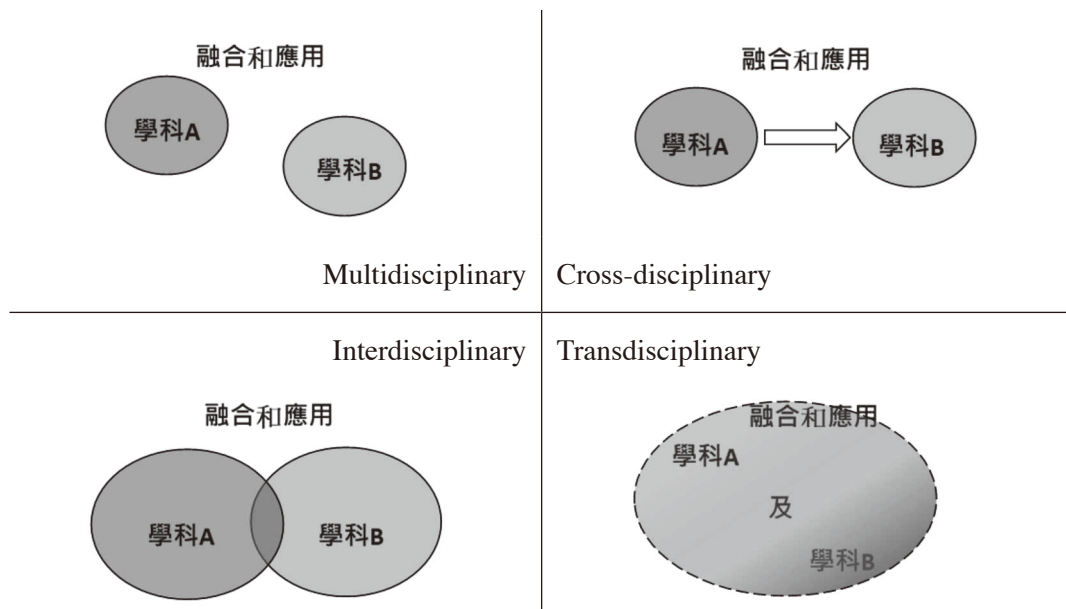
1. 於現時香港的教育局、中、小學 STEM 教育架構中，STEM 教育的目標和所期望效益是什麼？它們之間有什麼同、異之處？
2. 第二部分，根據第一部分所得的結果，設計一個更快捷、更易用的量化 STEM 教育成果檢測工具。

文獻回顧

STEM 教育的跨學科性

說到 STEM 教育，不得不提的是它的「跨學科」特性了。透過整理接近 12 年 STEM 教育的相關文獻，Perignat & Katz-Buonincontro (2019) 總結出現時 STEM 教育有著四個不同的跨學科種類，它們被區分為：Cross-disciplinary、Multidisciplinary、Interdisciplinary 以及 Transdisciplinary (見圖 1)。

圖 1：四個不同的跨學科種類（馮澤謙，2019，頁 25）



雖然指的都是跨學科，但程度上就有明顯的分別：

1. Cross-disciplinary 是指以一個學科為中心延伸至其他學科；
2. Multidisciplinary 是指兩個或以上學科同時教授，但學科間有著清晰界線，並不合併或重疊；
3. Interdisciplinary 是指兩個或以上學科同時合併教授，但學科們仍能被具體分清楚；
4. Transdisciplinary 是指學科間已經完全融合，沒清晰界線可以將它們區分（Perignat & Katz-Buonincontro, 2019；馮澤謙，2019，頁 23）。

STEM 教育對香港的重要性及香港 STEM 教育的現況

不可否認，推動 STEM 教育已經是全球的教育趨勢。正如教育局於 2016 年 12 月發表的《推動 STEM 教育 — 發揮創意潛能》報告中提到，推動 STEM 教育旨在進一步培養學生成為科學和科技的終身學習者，幫助他們應對二十一世紀的挑戰。

從宏觀的角度來看，香港要維持國際競爭力，必然要培育多元人才，而推動 STEM 教育正正就可以有助培養出科學和科技的人才，保持香港面對未來挑戰的國際競爭力 (Education Bureau, 2016)。

香港政府希望為創科發展提供人材，對 STEM 教育頗為重視。在 2018-19 學年，由大學教育資助委員會資助而與 STEM 有關的學位共超過三萬五千個，而在 2020-21 年度的財政預算案中，政府特別預留 4,000 萬元為本地大學 STEM 課程的本科及研究生安排短期實習。而在中、小學的層面方面，教育局於 2016 年向每所小學發放 10 萬港元的一筆過津貼，於 2017 年向每所中學發放 20 萬港元的一筆過津貼，為學校提供資源以支援 STEM 教育 (The Hong Kong Financial Secretary, 2020)。

除了金錢上支援，教育局也提供了硬件的支援，在九龍樂富開設了「STEM 教育中心」，於 2017 年開始提供服務，中心設有較先進的設備和工具（包括立體打印機、立體掃描器、鐳射切割雕刻機等等），供教師安排有關 STEM 教育的課堂，以及讓學生進行相關的研習 (STEM Education Centre, 2017)。

在軟件方面，教育局針對老師、中層管理和學校領導，分別推出不同的培訓、工作坊和教育研討會等等，也於 2016 年推出了一個用以發放有關推動 STEM 教育資訊的網站。

而在香港現行課程中，STEM 教育是透過科學、科技及數學教育去推動。根據 2017 年的科學教育課程指引文件，推動 STEM 教育是科學教育的其中一個重點，其目的是增強學生綜合和應用跨學科的知識與技能的能力，從而培養他們的創造力、創新思維、協作和解決問題的能力。這些都是廿一世紀生活不可或缺的技能 and 素質 (CDC, 2017a)。另一方面，數學課程的四個發展焦點之中，STEM 教育是其中之一，教育局建議把其融入校本數學課程之中，從而強化學生綜合和應用知識與技能的能力 (CDC, 2017b)。

現時香港 STEM 教育的主要問題

綜合香港的實踐經驗情況，推行 STEM 教育主要有以下四個問題：

- (1) 前線老師用於培訓及提升 STEM 教學相關能力的資源和時間不足：眾所周知，教學工作繁重，老師下課後除了批改作業，也要兼任一些學會的指導工作、訓導輔導的工作，另外老師大部分精力消磨在應付學生各種公開學習評估上，以致老師的能力提升和教學創新上有點跟不上發展（香港教育工作者聯會，2017；林桂光，2018）；
- (2) 創科企業 / 機構和教育界沒有有效地連繫起來：老師大部分時間在學校工作，接觸外界的時間不多，因此在沒有充足的支援下學校難以邀請到合適的創科企業 / 機構來學校作經驗分享（馮智政，2017；黃錦輝，2020）；
- (3) 老師們對 STEM 教學活動出現抗拒和自信心不足：研究報告顯示出有接近 7 成前線教育工作者自覺對 STEM 教育的認知不足，他們不知道怎樣連繫四個學科亦不理解想要達到的教學效果，對 STEM 教學法也掌握不足，難以開展高效能的 STEM 教學活動（香港教育工作者聯會，2017）；
- (4) 不少老師在評價學生在 STEM 中的表現掌握不足：現時很多學校以本地的一些科學比賽或數學比賽作為唯一的評估工具，但這些比賽通常每年只舉辦一次，質素有所參差，加上每間學校的參賽人數也有被限制，如果以這些比賽成績作為評估學生在 STEM 教育中的表現實在不太合適。這無疑是對推行 STEM 教育的阻礙（香港教育工作者聯會，2017）。

對於第一至第三個問題，教育局和坊間均已提出不同的方法去應對（例如見香港教育工作者聯會，2017；馮智政，2017；CDC, 2017a），限於篇幅關係，本文不作詳述。而關鍵是第四點，教育局在 2017 年的科學教育課程指引文件中雖然有提到與 STEM 教育相關學習活動的評估的事宜，建議老師在教學過程中採用不同的評估策略，例如提問、觀察、自評、互評和檢視學生的作品 / 專題研習報告 (CDC, 2017) 以至進展性評估，如功課、匯報等等。但這些評估方法都是質性的評估，所需時間相當長，不是一時一刻就能完成的，它們並不適合用作大批量之客觀成績測量工具。換句話說，現時香港教育界正需要一個有效、公正、快捷和簡單的大規模學習評估工具。

什麼是大規模學習評估？根據聯合國教科文組織 (UNESCO) 於 2019 年的一份

文件中提到大規模學習評估 (Large-scale learning assessments)，它屬於其中一種學習評估的方法，它的特點是在有限的時間之內為特定年齡的學習者提供一個學習成績的快照。透過把內容、管理、時間和評分都統一和標準化，能夠在短時間內為大量學生提供一個客觀的總體成績。由於它能夠在短時間內為大量學生進行測試，它的使用率一直在穩步增加，全世界不少國家的教育部門都會採用這個大規模學習評估的方法 (UNESCO, 2019)。正如本文上一段指出，現時香港教育界正需要一個這種的大規模學習評估工具。

何謂 21 世紀技能

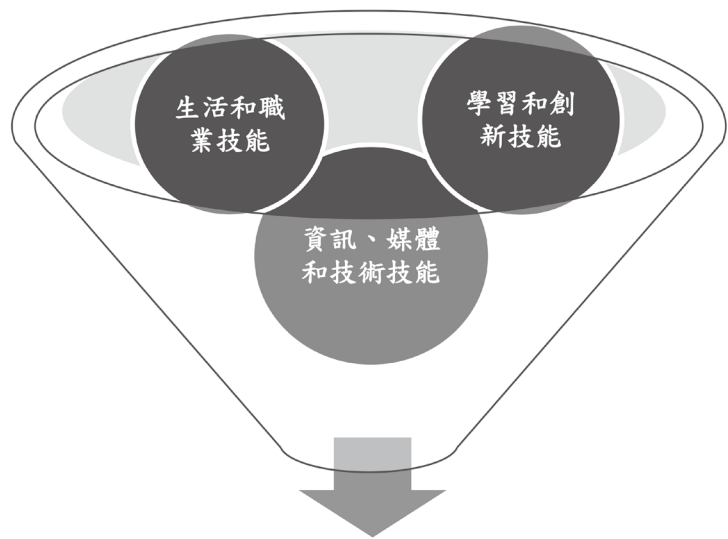
正如香港 STEM 領域上的知名學者羅陸慧英教授在大型量化研究 International Computer and Information Literacy Study (ICILS) 就提出……

“（學生於）ICT 的成就不局限於其學科的本身，它還包括可轉移到新環境中的一系列技能。” (Oon, Law, Soojin, Kim, & Tse, 2013, p.1)

STEM 會不會亦涉及一系列技能？不少 STEM 文獻中都有提及 21 世紀技能，到底何謂 21 世紀技能？現時學界，例如美國中北部地區教育實驗室和 Metiri 集團 (the North Central Regional Educational Laboratory and the Metiri Group) 以及經濟合作與發展組織 (OECD) 都有提出自己版本的 21 世紀技能，而當中較為適合中、小學課程使用的一個便是 P21 (the Partnership for 21st Century Learning) 所提出的版本。

P21 將 21 世紀技能劃分為三個不同的範疇，它們分別是學習和創新技能 (learning and innovation skills)、資訊、媒體和技術技能 (Information, Media and technology skills) 和生活和職業技能 (Life and career skills)，而當中，學習和創新技能又分成批判性思維 (Critical thinking)、溝通能力 (Communication)、協作能力 (Collaboration) 和創造力 (Creativity)；資訊、媒體和技術技能又分成資訊素養 (Information literacy) 和媒體素養 (Media literacy)；生活和職業技能就分成靈活性和適應性 (Flexibility and adaptability)、主動性和自發性 (Initiative and self-direction)、社交和跨文化技能 (Social and cross-cultural skills) 及生產效率和責任承擔 (Productivity and accountability) (見圖 2)。

圖 2：21 世紀技能的元素



21 世紀技能		
學習和創新技能	資訊、媒體和技術技能	生活和職業技能
• 批判性思維 • 溝通能力 • 協作能力 • 創造力	• 資訊素養 • 媒體素養	• 靈活性和適應性 • 主動性和自發性 • 社交和跨文化技能 • 生產效率和責任承擔

研究方法

如前所述，本文之研究將被分為兩個階段，首階段（以下稱之謂階段 A）將會對現時香港教育局、非牟利團體、中、小學 STEM 教育架構進行一個系統綜述（systematic review），以求找出它們的目標和所期望效益以至它們之間的同異之處；而次階段（以下稱之謂階段 B）將會根據階段 A 所得之結果製作出一個更快捷、更易用的 STEM 教育成果檢測工具將會被設計出來。

階段 A

系統綜述是文獻探討的一種，它介紹了不同相關的文獻，並通過客觀，明確和可複製的技術對其進行了總結和分析 (Cooper, 2010)。為了確保這項研究的質量，這

項系統的審查遵循了 Cooper (2007) 建議的七個步驟。它們包括 (1) 提出問題、(2) 尋找文獻、(3) 從研究中收集數據、(4) 評估學習質量、(5) 分析和整合研究成果、(6) 解釋證據及 (7) 陳述結果。

搜索過程由使用 GOOGLE 對有關 STEM 教育的關鍵字組合開始，因為它作為全球最大的搜尋引擎之一，從而可以更詳盡地涵蓋相關香港中、小學之網站或文章。為了擴大搜索範圍，年份等都沒有限制。搜索「香港」或「STEM 教育」或「架構」的搜索結果為 566,000 個網站或文章。

為了確保網站或文章的質量，網站或文章的摘要已被進行了充分的閱讀和分析，並丟棄了在互聯網上無法打開或重複的網站或文章，結果剩下 69 個網站或文章。然而不少香港中、小學雖然有關於 STEM 教育之網上專頁，但其專頁均只用作展示其 STEM 教學活動或比賽之照片，並未有清楚列明其 STEM 教育之架構、目標和所期望效益，此等網頁亦被剔除，結果餘下共 7 個網站。

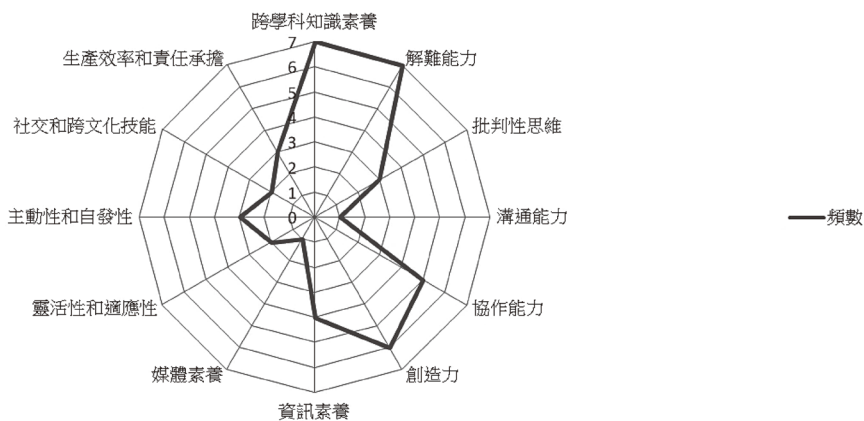
結果

接下來經過上述嚴格篩選後之 7 個網站或文章的資料被個別地仔細閱讀和分析，依據它們各自載述的 STEM 教育之架構上所列明的目標和所期望效益以表格統一顯示如下形成表格 1 和圖 3，7 個網站或文章分別來自一份為政府文獻、一份為非牟利團體文獻，四個小學網站和一個中學網站。值得注意的是由於 21 世紀技能為一個包括 10 個不同能力的集 (Set)，倘若文獻或網站內只提及 21 世紀技能而並未詳述當中細節者將不獲計算於表格 1 內。

表格 1：現時香港 STEM 教育架構之目標和所期望效益

	跨學科性	解難技巧	學習和創新技能				資訊、媒體和技術技能		生活和職業技能			
	跨學科知識素養	解難能力	批判性思維	溝通能力	協作能力	創造力	資訊素養	媒體素養	靈活性和適應性	主動性和自發性	社交和跨文化技能	生產效率和責任承擔
香港教育局 ¹	●	●			●	●	●			●		
香港政策研究所 ²	●	●		●	●	●					●	●
香港教育工作者聯會 黃楚標學校	●	●	●			●			●	●		●
港大同學會小學	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●
英皇書院同學會小學	●	●			●	●						
博愛醫院陳國威小學	●	●			●	●	●					
香港航海學校	●	●	●				●					

圖 3：現時 STEM 教育架構中各個目標和所期望效益之雷達圖



1 參閱 Education Bureau. (2016). *Report on promotion of STEM education: Unleashing potential in innovation*. Hong Kong: Education Bureau.

2 參閱香港政策研究所之《推動 STEM+ 教育－STEM 教育的在地化與頂層設計》

由圖 3 可見，所有香港教育局、非牟利團體、中、小學都認為 STEM 教育是要培養學生們的跨學科知識素養和解難能力，其次有過半數都認為創造力、協作能力和資訊素養亦是 STEM 教育的目標之一。有少數網站或文章認為批判性思維、主動性和自發性、生產效率和責任承擔、靈活性和適應性、社交和跨文化技能亦是不可或缺的目標。而提及溝通能力及媒體素養只有各一個網站或文獻。

由歸納以上之網上資訊可得，一個適用於香港 STEM 教育的框架應包含培養出以下 12 項重要能力，它們分別為跨學科知識素養、解難能力、批判性思維、溝通能力、協作能力、創造力、資訊素養、媒體素養、靈活性和適應性、主動性和自發性、社交和跨文化技能以及生產效率和責任承擔。

階段 B

藉以階段 A 的成果，本階段便依從它所得之結果設計並製作一個適合香港的、更快捷又更易用的 STEM 教育成果檢測工具。本 STEM 教育量化檢測工具名為「STEM Assessment for Hong Kong (SAHK)」，SAHK 一共包含 12 個項目，它們分別為跨學科知識素養、解難能力、批判性思維、溝通能力、協作能力、創造力、資訊素養、媒體素養、靈活性和適應性、主動性和自發性、社交和跨文化技能以及生產效率和責任承擔。它們各項之明細（按 Brandell, 1997 及 P21, 2019 的定義）簡述如下：

1. 跨學科知識素養代表被評測者於跨學科知識的表現，跨學科的程度以及融合程度越高者得分越高；
2. 解難能力包含從現有問題到解決問題的整個過程，它可以以傳統方式和創新方式解決各種不熟悉的問題 (Brandell, 1997)，效能越高者得分越高；
3. 批判性思維代表批判性地反思學習經驗和過程，它包含了推理、分析和評估證據、論點及主張，從而根據最佳分析得出結論，效能越高者得分越高；
4. 溝通能力指的是運用口頭、書面和非語言交流技巧，有效地表達思想和觀念之能力，效能越高者得分越高；

5. 協作能力是指與不同團隊有效和尊重地合作的能力，它可以包含了適時做出必要的妥協以實現共同目標的能力，效能越高者得分越高；
6. 創造力包含了思考上的創新（例如提出新的和有價值的想法）以至將小組的意見和反饋納入工作以及對創新思想採取行動等行為上的創新之能力，效能越高者得分越高；
7. 資訊素養是指訪問、使用、管理及評估信息的能力，能力越高者得分越高；
8. 媒體素養是指有效地運用媒體科技以作研究、管理、評估和信息交流的工具之能力，能力越高者得分越高；
9. 靈活性和適應性是指變通以適應變化的能力，它包含了適應各種角色分工、職責、時間表和環境的能力，也包含了在模稜兩可和優先事項不斷變化的氛圍中有效開展工作的能力，能力越高者得分越高；
10. 主動性和自發性是指無需直接監督便能有效地管理工作及自主學習的能力，能力越高者得分越高；
11. 社交和跨文化技能是指尊重文化差異，並與各種社會和文化背景的人有效合作的能力，能力越高者得分越高；
12. 生產效率和責任承擔是指計劃和管理工作的優先順序以實現預期結果的能力，能力越高者得分越高。(P21, 2019)

分數設置方面，SAHK 遵循 10 點李克特量表 (Likert Scale) 以最大限度地提高測量每個項目時的強度的靈敏度。使用者可以在每個項目中自由選擇 0 到 10。在每個項目中，“0”代表最低程度，而“10”代表最高或最大程度。因此 SAHK 的滿分為 120 分。又假定使用者平均花約 20 秒去評量每個項目，完成一整份 SAHK 評測亦只需要 4 分鐘。

表格 2：STEM Assessment for Hong Kong (SAHK)

STEM Assessment for Hong Kong (SAHK)										
跨學科知識素養	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
解難能力	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
批判性思維	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
溝通能力	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
協作能力	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
創造力	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
資訊素養	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
媒體素養	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
靈活性和適應性	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
主動性和自發性	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
社交和跨文化技能	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
生產效率和責任承擔	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
總分										

討論與研究限制

STEM 教育的定義：學界角度

由圖 3 可見，綜合香港政府、相關社會團體、中學以及小學的角度來看，跨學科並不是 STEM 教育的唯一要素。除了跨學科外，STEM 教育還包含了解難能力以及創造力、協作能力和資訊素養等 21 世紀技能。如果按 Sanders 所說，STEM 是「一種融合 2 個或以上科目的學科」(Sanders, 2009, p21)，那麼 STEM 教育便應該被定義為「一種透過融合 2 個或以上科目的學科去培養學生解難能力以及創造力、協作能力和資訊素養等 21 世紀技能的一切教與學的活動」。換句話說，STEM 教育除了包含顯性的元素（STEM 之跨學科性）以外，還包含隱性（即提升 21 世紀技能等技能）方面的元素。

SAHK 的使用及其優缺點

正如前文所講述一樣，作為大規模學習評估成員之一，SAHK 亦保留了大規模學習評估的最重要特質，即可以對多個對象同時作出客觀分析和評核，以作大規

模用途，這時比較現時傳統的質化評估工具，例如專題研習報告，SAHK 更為節省資源和時間。與此同時，透過把內容、管理、時間和評分都統一和標準化，SAHK 使得學生學習上的進步得以彰顯，例如透過比較學生於分別於上學期及下學期所得之 SAHK 的分數及其明細，各持份者將可以得出學生於 STEM 教育上的進步以及其每項進步之明細，這不僅可以作為對學習的評估 (Assessment of learning) 之用以檢視其教學效果之成效，亦可作促進學習的評估 (Assessment for learning) 之用以作為將來加強並補充不足地方的參考。因應 SAHK 的量化特性，它亦將使得 STEM 教育的量化學術研究變得可行。同時，SAHK 亦可按個別學校或課程作出適當的修改以達到適應不同的需要。

但另一方面，基於本研究的條件所限，本文所提出的 STEM 教育成果檢測工具名為 SAHK 乃為綜合香港情況之數據所得，若要延伸至香港以外地區使用，必需加倍注意；與此同時，於 SAHK 的設計上，本文假定了裏面的 12 項能力比重皆為相等。因此本文建議將來延伸研究方向除了 SAHK 的信度和效度方面外，也可從探索 12 項能力之間比重關係著手，甚至研究查明當中各項之間的關係、在中或小學上應用之適性以及 SAHK 有沒有頻次限制等，以進一步建立一個更具信度和效度的 STEM 教育成果檢測工具。

結論

總結來說，全世界都興起 STEM 教育，除了培訓人才，也有戰略因素在其中。香港的 STEM 教育也在近年來發展起來，前線老師遇到不少挑戰，當中最為棘手的是老師如何評估學生在 STEM 中的表現，教育局在這個問題上雖然提供了指引和建議，但建議多為質性的評估方法，而老師工作繁重，無法花大量時間對大量學生進行質性評估。由此觀之，香港的 STEM 教育正正需要一個量化的評估工具，本文就這個需要設計了一個名為「STEM Assessment for Hong Kong (SAHK)」的量化評估工具，可供使用，老師只需要花數分鐘便能為一位學生提供清晰明確的評估結果，並且它能對多個對象同時作出客觀分析和評核，比較現時的質性評估工具，更節省資源和時間。本文期望借著 SAHK 的面世，為香港提供一個實用的 STEM 量化工具，讓老師們得以於現有的質化評估工具以外，能有一個量化評估可供選擇，以至老師們除了可用質化工具對學生 STEM 學習有具體而深入的了解之餘，也可以有一個簡

單而快捷的量化評估工具，透過兩者相互配合和補足，達到對學生 STEM 學習效能作全方位、全面的評估，進而增加香港 STEM 教與學的整體效能。

參考文獻

- Australian Industry Group. (2013). *Lifting our science, technology, engineering and maths (STEM) skills*. Sydney, New South Wales: Australian Industry Group.
- Brandell, J. R. (1997). *Theory and practice in clinical social work*. New York: Free Press.
- CDC. (Curriculum Development Council). (2017a). *Science Education Key Learning Area Curriculum Guide (Primary 1 - Secondary 6)*. Retrieved March 25, 2020, from https://www.edb.gov.hk/attachment/tc/curriculum-development/kla/science-edu/SEKLACG_CHI_2017.pdf
- CDC. (Curriculum Development Council). (2017b). *Mathematics Education Key Learning Area Curriculum Guide (Primary 1 - Secondary 6)*. Retrieved March 25, 2020, from https://www.edb.gov.hk/attachment/en/curriculum-development/kla/ma/curr/ME_KLACG_eng_2017_12_08.pdf
- Cooper, H. M. (2007). *Evaluating and interpreting research synthesis in adult learning and literacy*. Boston: National College Transition Network, New England Literacy Resource Center, World Education.
- Cooper, H. M. (2010). *Research synthesis and meta-analysis: A step-by-step approach* (4th ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Education Bureau. (2016). *Report on promotion of STEM education: Unleashing potential in innovation*. Hong Kong: Education Bureau. Retrieved March 25, 2020, from: https://www.edb.gov.hk/attachment/en/curriculum-development/renewal/STEM%20Education%20Report_Eng.pdf
- Moore, T., Stohlmann, M., Wang, H., Tank, K., Glancy, A., & Roehrig, G. (2014). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education. In S. Purzer, J. Strobel, & M. Cardella (Eds.), *Engineering in Pre-College Settings: Synthesizing Research, Policy, and Practices* (pp. 35–60). West Lafayette: Purdue University Press.
- National Science Board. (2012). *Science and Engineering Indicators 2012 (NSB 12-01)*. Arlington: National Science Foundation. Retrieved March 25, 2020, from <https://www.nsf.gov/statistics/seind12/pdf/overview.pdf>
- Oon, P. T., Law, N., Soojin, K., Kim, S., & Tse, S. K. (2013). *Psychometric assessment of ICILS test items on Hong Kong and Korean students: a Rasch analysis*. 5th IEA-IRC 2013.
- P21. (2019). *Partnership for 21st Century Learning: Framework for 21st Century Learning Definitions*. Retrieved March 25, 2020, from <http://static.battelleforkids>.

org/documents/p21/P21_Framework_DefinitionsBKF.pdf

Perignat, E., & Katz-Buonincontro, J. (2019). STEAM in practice and research: An integrative literature review. *Thinking Skills and Creativity*, 31, 31–43.

The Hong Kong Financial Secretary (2020). *The 2020-21 Budget*. Retrieved from https://www.budget.gov.hk/2020/eng/pdf/e_budget_speech_2020-21.pdf

Sanders, M. (2009) STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4). 20-26

STEM Education Centre. (2017). Retrieved March 25, 2020, from <http://www.atec.edu.hk/stemcentre/>

UNESCO(2019). *The promise of large-scale learning assessments: acknowledging limits to unlock opportunities*. UNESCO: The Education Research and Foresight team & the Education Sector.

林桂光 (2018)。〈STEM 教師帶課能力的考驗——STEM+ 教育初探系列（十一）〉。2020 年 3 月 25 日，取自 <https://www.master-insight.com/stem> 教師帶課能力的考驗 /。

英皇書院同學會小學。2020 年 3 月 25 日，取自 <https://www.kcobaps1.edu.hk/tc/stem%E6%95%99%E8%82%B2>。

香港教育工作者聯會 (2017)。〈前線 STEM 教師支援政策研究報告〉。2020 年 3 月 25 日，取自 <https://hkfew.org.hk/UPFILE/ArticleFile/201811313151733.pdf>。

香港教育工作者聯會黃楚標學校。2020 年 3 月 25 日，取自 <http://www.hkfewwcb.edu.hk/admission/stem> 教育。

香港航海學校。2020 年 3 月 25 日，取自 <https://www.hkss.edu.hk/show.php?page=stem>。

港大同學會小學。2020 年 3 月 25 日，取自 <https://www.hkugaps.edu.hk/tc/learning-and-teaching/stem-education-stem>。

馮智政 (2017)。《推動 STEM+ 教育－STEM 教育的在地化與頂層設計》。香港：香港政策研究所。

馮澤謙 (2019)。〈STEM 教育的雙軌架構：定義與目標〉。《香港數理教育學會會刊》，22-25。

黃錦輝 (2020)。〈STEM 偏重機械人及編程 忽略科普教育〉。2020 年 3 月 25 日，取自 <https://www.master-insight.com/stem> 偏重機械人及編程 - 忽略科普教育 /。

博愛醫院陳國威小學。2020 年 3 月 25 日，取自 <https://www.pohckwps.edu.hk/tc/stem%E8%AA%B2%E7%A8%B0>。

Promotion of STEM Education: How to Evaluate Learning Outcomes—"STEM Assessment for Hong Kong (SAHK)"

Cathleen Siu Ping NG

Master Degree Student, The Chinese University of Hong Kong

Stephen Chak Him FUNG

Doctoral Degree Student, The Education University of Hong Kong

Abstract

One of the main challenges in Hong Kong's STEM education is the number of quantitative assessment evaluating students' performance is very limited. Using a systematic review, this article examines the current frameworks of STEM education among the Education Bureau, non-profit organizations, primary and secondary schools in Hong Kong, as well as their goals and expected outcomes from STEM. As a result, a large-scale quantitative assessment tool for STEM education named "STEM Assessment for Hong Kong (SAHK)" is constructed. SAHK contains 12 items in total, such as Interdisciplinary Knowledge Literacy, Productivity and Accountability etc. By initiating further studies, an ultimate quantitative assessment could be developed so that a comprehensive assessment, which is composed of quantitative and qualitative assessment, of STEM education could be achieved in the long term. Eventually, the effectiveness of Hong Kong's STEM education could be enhanced.

Keywords

21st Century Skills, Assessment, Large-scale Learning Assessment, STEM Education, STEM Assessment for Hong Kong (SAHK)