

賽馬會運算思維教育先導計劃

評估總結報告



2020 年 5 月

策劃及捐助



香港賽馬會慈善信託基金
The Hong Kong Jockey Club Charities Trust
同心 同步 同進 RIDING HIGH TOGETHER

聯合策動



香港教育大學
The Education University
of Hong Kong



Massachusetts
Institute of
Technology



香港城市大學
City University of Hong Kong

研究機構

SRI Education™
A DIVISION OF SRI INTERNATIONAL

作者

Linda Shear

Haiwen Wang

Carol Tate

Satabdi Basu

Katrina Laguarda

SRI Education

建議引文格式

Shear, L., Wang, H., Tate, C., Basu, S., Laguarda, K. (May, 2020).

CoolThink@JC Pilot Evaluation: Endline Report. Menlo Park, CA: SRI International.

Cool/Think @JC >
賽馬會運算思維教育



香港賽馬會慈善信託基金
The Hong Kong Jockey Club Charities Trust
同心 同步 同進 RIDING HIGH TOGETHER

「賽馬會運算思維教育」由香港賽馬會慈善信託基金策劃及捐助，並由香港教育大學、美國麻省理工學院及香港城市大學共同策動。

SRI Education

© 2020 SRI International. SRI International 為註冊商標，SRI Education 乃 SRI International 之商標。所有其他商標則各自屬於其擁有者之財產。

目錄

行政摘要	1
引言	8
「賽馬會運算思維教育」：啟發數碼創意	9
先導計劃評估所應用的研究方法	11
先導計劃評估所涵蓋的學校	16
「賽馬會運算思維教育」先導學生的表現	18
先導教師及校長的體驗	28
「賽馬會運算思維教育」的全面推行	34
總結	39
參考文獻	42

行政摘要

於 2016 年推出的「賽馬會運算思維教育」先導計劃定下了一個進取的目標，就是將運算思維教育引入香港 32 間小學。經過為期 3 年的實驗課堂和廣泛的教師專業培訓，加上對參與學校及老師的其他重要支援，先導計劃成功啟發了學生的數碼創意，讓他們作好成為創新先鋒的準備，在數碼年代為香港社會作出積極貢獻。先導計劃旨在於小學建立運算思維教育的嶄新範式，然後逐步推廣至香港其他學校，並為開始將運算思維教育擴展至小學的其他國家樹立榜樣。

為期 4 年的「賽馬會運算思維教育」先導計劃已成功協助逾 20,000 名小學生培養編程及數碼解難能力。本報告是 SRI International (SRI)針對先導計劃及參與學生的進度，進行為期 3 年的深入評估後所得出的結果，當中除了講述先導計劃為學生帶來的裨益，亦包含老師及其他參與者的體驗。對於計劃的設計者和其他持份者而言，他們可參考本報告的內容，藉此深入瞭解先導計劃的成功經驗，為把「賽馬會運算思維教育」推廣至全港小學作好準備。

關於「賽馬會運算思維教育」先導計劃及是次評估

「賽馬會運算思維教育」先導計劃是香港賽馬會慈善信託基金(香港賽馬會, HKJC)、香港教育大學(教大, EdUHK)、美國麻省理工學院(麻省理工, MIT)及香港城市大學(城大, CityU)攜手合作的項目，旨在為香港的小四至小六學生引入連續 3 年的運算思維教育。

課堂是以「組列模式」開展，由 2 間資源學校(參與設計教案及率先試堂的學校)及 10 間屬於第一期的先導小學於 2016–17 學年開始授課，另外 20 間屬於第二期的小學則於 2017–18 學年起步。先導計劃亦包括為每位老師提供全面的專業培訓(在整個學期提供一次長達 39 小時的培訓，以及 13 次各長 3 小時的後續訓練)；安排 2 名大學研究生在每個推行運算思維教育的班別擔任教學助理，以提供所需支援；以及資助每間聯網學校添置或改善電腦器材。

「賽馬會運算思維教育」先導計劃的課堂雖以 Scratch 及 MIT App Inventor 這兩套視覺化程式設計語言(VPL)為藍本，但其目標遠比教授編程技巧遠大。為達致啟發數碼創意及培養解難能力的最終目的，

課堂內容是圍繞著一個培養學生掌握下述 3 種能力的框架而設計：

1. **運算思維概念：**建立運算工具前必需先行研習的基礎知識；
2. **運算思維實踐：**屬於運算思維一部分的解難技巧及邏輯思維；以及
3. **運算思維視野：**對運算思維產生興趣及動機，並瞭解其性質和用途。

SRI 亦基於同一框架制訂了一套衡量工具，以評核學生在運算思維概念、實踐與視野 3 方面的表現。為了評估先導計劃的成效，我們比較了先導學生與另一組沒有參與計劃的學生的表現。整套評核內容是按照國際標準設計。

是次評估亦包含一項「執行情況研究」，透過對所有參與先導計劃的學校進行教師調查，並在 4 間學校進行訪問/觀察，加強瞭解「賽馬會運算思維教育」的實際推行情況，以及老師、學生和校長的體驗。

除了報告先導計劃的執行情況和成效，是次評估的另一個目標，就是為打算透過先導計劃借鏡實驗課堂經驗的「賽馬會運算思維教育」團隊提供重要的工作基礎。從是次評估所得的先導老師及學生體驗，有助調整先導計劃接續數年的課堂設計，為持續制訂及改進課程內容提供養份。



「賽馬會運算思維教育」先導計劃的成效

「賽馬會運算思維教育」先導計劃成效研究所用的數據，是在 2017 年初至 2018–19 學年的 3 年裡收集所得。截至本研究結束時，「賽馬會運算思維教育」首 2 級課堂已於全數 30 間參與先導計劃的學校推行，第一期的 10 間學校更同時向小六學生教授第 3 級課程。本報告會集中講述所有 30 間參與學校的學生在 2 年裡取得的進展，以及第一期 10 間學校在 3 年裡的進展(見附錄三)。

在下文講述的研究結果裡，「影響」是指先導小學學生比照其他學校學生時的優勝之處，當中已因應學校與學生背景 (例如學生之前的學業成績，或有特殊教育需要 (SEN) 的學生在全體學生中的百分比)等可能左右學生表現的因素作出調整。**相較於不參加「賽馬會運算思維教育」先導計劃的小學生，參與學校的學生多學到了甚麼？** 評估結果正正回答了這個問題。

觀乎參與「賽馬會運算思維教育」先導計劃已有 2 年的學生，他們比其他本地小學的學生表現較佳，運算思維實踐的表現尤其出色，而且顯露出在完成先導階段後繼續發展有關能力的優厚潛質。下文講述研究結果時，會使用「效應值」(effect size) 這個常用於衡量現象強度的概念:效應值高於 0.25 者，在教育研究上會被視為「具實質重要性」(WWC, 2014)。學生在接受「運算思維教育」2 年後的表現如下：

- **相較其他學校的學生，參與先導計劃的學生較能掌握運算思維概念。**顯示上述差異的效應值 (effect size) 為 0.21，**這在統計學上已頗具意義。**

到了 2018–19 年度，雖然很多沒有參與先導計劃的學校其實亦已提供類似的編程教育，但從上述結果可見，「賽馬會運算思維教育」教授的運算思維概念，較其他沒有參與先導計劃的學校為多。



- 儘管男、女學生同樣因學習 2 年而受惠，但男生在運算思維概念上的得益相對較多。其他分別則未有發現。
- 有關運算思維實踐的評估，主要是針對學生進行邏輯推理及解決問題時所需的較廣泛運算思維技巧。從在運算思維實踐的得分所見，參與先導計劃的學生在這方面表現特佳。由於效應值高達 0.36，顯示 2 組學生出現明顯差異，這不但有統計學意義，也有實質的重要性。從這些結果可見，在運算思維實踐這個環節上，「賽馬會運算思維教育」與香港各小學現時使用的其他編程課程明顯有別。
- 在運算思維實踐上，男、女生的相對得益接近，但在數學測驗及運算思維實踐中基線分數較高，以及在參加「賽馬會運算思維教育」先導計劃時已可在家中上網的學生表現較佳。運算思維實踐分數與數學能力之間的關係，驗證了「賽馬會運算思維教育」有助學生掌握同為數學等科目所需的類似解難技巧，但亦令人關注在成績優異學生身上顯露出來的益處不成比例。
- 運算思維視野方面，研究結果顯示參與和沒有參與先導計劃的 2 組學生，對運算思維的整體興趣和動機並未出現有重要統計學意義的分別。在 2 年的研究期裡，學生的得分更出現輕微向下的趨勢。

由此可見，將「賽馬會運算思維教育」大規模推廣至香港其他學校時，工作團隊仍需要讓香港小學生學懂珍視運算思維的價值。

先導教師與校長的體驗

是次評估的其中一個要點，是探討「賽馬會運算思維教育」先導計劃在課室和學校的執行情況。這對瞭解如何達致上文所述的成果、教育工作者感受到的益處、仍需解決的挑戰，以至未來的發展方向均十分重要。為了加深瞭解「賽馬會運算思維教育」先導計劃的執行情況，我們對所有先導教師進行了調查，又選取了 4 間學校接受訪問/觀課而得出下述結果。最後一輪調查和實地視察是在 2018–19 學年底進行，當時 20 間第二期小學及 10 間第一期小學已分別有 2 年及 3 年推行「運算思維教育」的經驗。

教師和校長反映的意見包括：

- 80%教師指出教授「賽馬會運算思維」涉及新的教學策略，部分老師更形容他們需要改用較側重學生的授課策略。雖然老師的授課策略各有不同，但由於學生需要解決的問題並無單一的正確答案，他們因此在「賽馬會運算思維教育」課堂上可以較為自主，亦有較多機會發揮創意。

- 「賽馬會運算思維教育」的課堂內容雖已持續調整，修訂後的新課程亦已改進良多，但部分老師仍感到過於艱深。簡化課堂內容，讓多些不同類型的學生較易投入，是
- 「賽馬會運算思維教育」研發團隊在持續改進過程中的其中一項目標。
- 麻省理工和教大所提供的教師培訓非常重要，不僅有助老師作好授課的準備，亦有利他們深入和正確認識運算思維和「賽馬會運算思維教育」。曾經接受運算思維授課培訓的教師對此評價極高，指出他們因此感到自己的準備較為充份，比後來才加入計劃及只可接受校本訓練的老師較能緊貼計劃的目標。
- 大部分老師認為不能缺少教學助理的支援。但亦有不少老師認為隨著自己教授「賽馬會運算思維教育」的經驗增多，教學助理的重要性便會逐漸下降。教學助理的支援在計劃推行初期特別有用，因為老師當時需要學習對自己和學生都屬於全新的課堂內容、教學科技和教學策略。
- 校長讚許「賽馬會運算思維教育」加快建立有關的教師社群，有助他們帶領學校實現 STEM 教育的目標。訪問校長時，普遍提及的一點就是「賽馬會運算思維教育」與教育局提倡的 STEM 教育吻合，為他們提供了在校內適時達致那些重要目標的途徑。

「賽馬會運算思維教育」的全面推行

工作人員可借鏡先導計劃提供的經驗，在設計「賽馬會運算思維教育」的課堂內容及支援措施時，作出周全的考慮，並反覆進行檢視。他們亦可把握這個重要機會，確認和估算計劃全面推行後，可為老師和學生帶來的裨益。「賽馬會運算思維教育」的下一個目標，是把計劃推廣到更多和不同類型的本地小學，並在系統的層次提供支援，使計劃得以持續推行。先導計劃亦預示了團隊在實現這些目標時需要面對的嶄新挑戰。本報告根據先導計劃的經驗和結果，提出了多項在設計第 2 階段計劃時需要考慮的因素：

1. **維持教師專業發展模式在大規模推行時的成效**
第 2 階段的計劃，提供了一個讓工作團隊探索如何推行教師培訓的重要機會。先導計劃下的教師專業培訓活動雖然成效卓著，但若大規模推行教師培訓，必須採取較分散的形式進行，參與的老師人數亦會大增。在設計大型教師培訓活動時，既要兼顧上述因素，但亦要取得先導計劃下教師專業發展活動所達致的效果。設計教師培訓模式時，必須注意先導計劃賴以成功的一些要素，確保在設計新一輪工作坊、為培訓員提供訓練，以及全面提供系統性支援時體現這些特質。
2. **協助校內及跨校實踐社群 (CoPs) 加強教師專業訓練**
建立由有關老師組成的實踐社群，可能是幫助他們和學校分享教學心得和全情投入計劃的重要一步。這需要特意為校內及跨校的實踐社群提供協助，確保這些社群加強認識「運算思維教育」的基礎原則，無論在授課時

遇上早已預計或意想不到的挑戰，都能採取與這些原則一致的方法解決問題。

3. **持續突顯解難和邏輯思考的重要性** 解難和邏輯思考是二十一世紀的核心技能。參與學生在運算思維實踐評估中表現出色，顯示先導計劃效果顯著。然而，若老師要提高教學效率，就不能持續讓學生有均等機會參與堂上的解難練習/任務。聯合策動「賽馬會運算思維教育」的機構可以幫助老師思考和平衡這些折衷做法，並透過該計劃 加速將解難及邏輯思考廣泛地納入全港學校及教學系統。

4. **鼓勵老師主動教授運算思維及深入認識其理念** 曾經接受「賽馬會運算思維教育」正式培訓的老師，比不曾接受正式培訓者較有授課的準備，亦較認同計劃的目標。在拓展教師專業發展活動時，必需提供足夠支援，讓所有可能執教「賽馬會運算思維教育」課堂的老師都能夠參與有關工作坊。這有賴作出適當的人手調配，使他們能夠抽空參加活動。要達致長久推行計劃的目標，必需讓老師有持續參與、獲得認同和改進的機會，盡早建立熱誠和持之以恆。

5. **按教學需要提供度身訂造的支援** 要讓教師掌握和熟習「賽馬會運算思維教育」的授課方式，往往需時數年，由於他們需要費神摸索初期的學習情況，因此很倚賴教學助理提供支援。持續提供教學所需的支援十分重要，短期而言，這種支援可直接由「賽馬會運算思維教育」提供。為提高計劃的永續性，應制訂一套持續使用的指示或說明，以指導辦學團體評估及提供每間新聯網學校所必需的技術、組織及人力資源，從而使「賽馬會運算思維教育」得以成功落實。

6. **處理學生能力參差的問題** 「賽馬會運算思維教育」其中一個主要目標，就是讓學生享有均等機會培養運算及解難能力。然而，對不少老師而言，若同一班別裡的學生能力參差，要達成這一目標並不容易。另外，女生在掌握運算思維概念方面仍然處於弱勢。有關專業培訓必須提供實用的教學模型和調適策略，給予教師清晰的工具，以鼓勵女生學習運算思維，並讓能力各異的學生皆有機會參與鍛鍊解難能力的練習/任務。「賽馬會運算思維教育」實踐平等機會原則的經驗，可用於加快在學校以至香港的教育系統討論和實踐這些重要事項。

7. **幫助學生全情投入運算思維** 「賽馬會運算思維教育」先導計劃總體上能成功增進學生的運算思維知識及能力，但在學生的運算思維視野方面，並未產生可量度的影響。因此，該計劃日後其中一個焦點，就是加強鼓勵學生建立熱誠和自信，並充分瞭解運算思維的價值。要有效達致上述目標，必須從教育系統的多個層次著手：在設計課堂內容時，因應學生年齡增加適合他們發揮創意的機會；在教師專業發展活動和實踐該計劃的社群裡，明確討論如何加強正面思維；以及爭取校長、家長及其他重要持份者的支持。

全球雖已廣泛確認運算思維對學生前途有重要影響，但在不少國家，教導幼童學習這些技能的課程推行未久，其成效一般缺乏嚴謹的研究論證支持。各國正致力建立能將運算思維教育引入小學的知識庫和資源，「賽馬會運算思維教育」的推行，使香港在這方面佔有重要席位。

是次評估的結果顯示，「賽馬會運算思維教育」課堂可成功增進學生的運算思維知識及技能，從單純的編程概念，邁向較宏觀的二十一世紀邏輯思考及解難技能。與此同時，該計劃亦加快為教學常規和以學校為本的教師社群帶來改變，對學校推行 STEM 教育大有裨益。在下一階段，「賽馬會運算思維教育」的聯網小學會由 32 間增至 168 間或以上，預計將為香港教育制度提供重要的新模式：優質及可大規模進行的教師專業培訓；按學校需要而進行課程調適及採用新措施；建立由參與老師組成的社群，持續討論以學生為本的授課策略。

「賽馬會運算思維教育」踏入下一階段後，將提供全面的配套，包括教材、有助提升技能的活動，以及嚴謹和經過驗證的評核系統。以上各項都是建基於一個鼓勵實踐運算思維、數碼創意及編程概念的架構。協助學生掌握二十一世紀核心技能，是不少國家的既定目標，計劃正是回應這個重要議題，因此大有潛質在香港以至國際成為一個強勢模式。

為期 4 年的先導計劃成績斐然，但這只是全面推行「賽馬會運算思維教育」的第一步。

引言

將運算思維視作所有學生必修的基礎科目，是全球越見明顯的趨勢，「賽馬會運算思維教育」正好在這方面適時作出貢獻。10年前，計算機科學教育工作者已為主修該科的學生人數偏低(Wilson, Sudol, Stephenson, & Stehik, 2010)而深感憂慮。吸引多些中學生在大學修讀計算機科學的初心，逐漸發展為一種認知——在科技無處不在的現代社會裡，計算機科學在不同範疇皆舉足輕重，所有學生都需要熟習計算機科學的原理，以便將運算思維應用到學習和未來生活。

各國教育當局也在積極回應將計算機科學及運算思維納入核心課程的建議。數個國家的課程因此出現重大轉變，包括英國(The Royal Society, 2012; Wilson et al., 2010; Seehorn et al., 2011)、歐洲各國(Joint Informatics Europe and ACM Europe Working Group on Informatics Education, 2013)、澳洲(ACARA, 2016)及新西蘭(Bell, Andreae, & Robins, 2014)。有關措施雖然大多於中學推行(Bocconi, Chiocciariello, Dettori, Ferrari, & Engelhardt, 2016; Yadav, Good, Voogt & Fisser, 2017)，但將運算思維視作小學生必須建立的基礎能力的看法，越來越獲得重視。新加坡已在學前至中學階段推行運算思維教育(Seow, Looi, Wadhwa, Wu, & Lui, 2017)。

在韓國，政府亦組織起各重要持份者(如韓國資訊科學教育聯會)的力量，幫助學生作好準備，以期在越益數碼化的世界中脫穎而出(Lee, 2017)。

運算思維是指仿效計算機解決問題的邏輯和方法(Wing, 2006)，以瞭解和拆解問題所涉及的思考過程和策略。把計算機科學視為表達自我和創意的途徑，是運算思維現時的一項核心概念。

過去 10 年，全球很快制訂了有關強制推行運算思維教育的標準和政策，但單靠政策不能讓學生取得預期的學習成效。要真正受惠於運算思維教育，必須在教師發展、課程設計和評核設計上確立清晰和連貫的願景。現時，運算思維評核大多針對有編程概念的設施，而非與計算機科學有關的問題分析、數碼創意和視野(Sentance, Barendsen, & Schulte, 2018)。當中尤其缺乏的，是如何衡量小學生培養這些能力的情況。一些歷史較悠久的學科，往往都經歷了數百年的演變。計算機科學雖然在專上教育裡存在已久，但在中、小學仍屬新鮮領域，加上學科本身的發展一日千里(如人工智能及機器學習越趨蓬勃)，令有關工作面對重重挑戰。無論是運算思維教育的內容、授課方式和評核進度的方法，全球都亟需指引(Sentance et al., 2018)。

「賽馬會運算思維教育」先導計劃在上述各方面都有重要貢獻。它安排全面，不僅包含精心設計的課堂內容，也為參與的小學教師提供所需專業培訓。先導計劃的內容是按照由三個環節組成的運算思維框架設計：運算思維概念(設計者編排課程時奉行的概念)、運算思維實踐(設計者根據有關概念制訂解決問題的技巧)，以及運算思維視野(設計者對身邊世界及自己的看法)。

衡量學生升上較高班級後掌握運算思維的進度時，本研究使用的評核系統也是建基於上述框架。經過為期 4 年、涉及 32 間學校參與的先導計劃，「賽馬會運算思維教育」已準備就緒，將這個教學模式拓展至全香港。

本總結報告是 SRI International 就「賽馬會運算思維教育」先導計劃進行獨立評估研究而發表的 3 份報告裡的最後一份。它總結了學生於先導計劃實施首 3 年的運算思維表現，重點講述 30 間先導小學學生在 2 年裡的學習進度，並探討之前報告中所描述的早期趨勢有否持續，以及學生有否(以及哪些學生)因多接觸運算思維教育而學到更多。本報告亦會講述老師和校長在先導計劃推行多一年後的體驗，深思拓展計劃可能產生的影響和提出建議，使「賽馬會運算思維教育」在履行將運算思維教育拓展至全港小學生的承諾時，能夠在掌握充足資料的情況下規劃未來路向。

「賽馬會運算思維教育」： 啟發數碼創意

「賽馬會運算思維教育」於 2016 年啟動，透過為期 4 年的先導計劃，向香港的小學高年級學生推廣編程及運算思維教育。此計劃由香港賽馬會慈善信託基金(香港賽馬會, HKJC)策劃，並由香港教育大學(教大, EdUHK)、美國麻省理工學院(麻省理工, MIT) 與香港城市大學(城大, CityU) 聯合策動。

「賽馬會運算思維教育」其中一個特點，是它突破了一般的編程教學，專注幫助學生對運算思維建立完整的願景，使他們除了懂得運用編程技巧解決問題，也學會欣賞編程技巧對其日後發展和世界的價值。該計劃在設計基礎框架時採納了 Brennan and Resnick (2012)的理論，專注幫助學生達致以下 3 大目標(附錄一)：

1. **運算思維概念：**建立運算工具前必需先行研習的基礎知識；
2. **運算思維實踐：**屬於運算思維一部分的解難技巧及邏輯思維；以及
3. **運算思維視野：**對運算思維產生興趣及動機，並瞭解其性質和用途。

「賽馬會運算思維教育」以 Scratch 及 MIT App Inventor 這兩套視覺化程式設計語言(VPL)為基礎，將上述目標納入了為小四、小五及小六學生而設、為期 3 年的漸進式課程。在 3 種程度的課堂裡，學生有機會探索一些老師已教授的議題，難度亦會拾級而上，最終達致自創研習項目的目標。

「賽馬會運算思維教育」先導計劃除了為學生策劃課堂，對老師和授課過程亦予以有力和全面的支援。參與老師可修讀 2 組各長 39 小時的發展課程，當中包括一個由麻省理工主持、為期一周的精修工作坊，以及 13 次(約每週一次)由教大舉辦、每次 3 小時的課程。這些教師培訓活動會講解先導計劃的課堂內容、

運算環境(Scratch 及 MIT App Inventor)，以及「賽馬會運算思維教育」在教學上的一些重要考慮因素，並持續支援老師檢討實際教學情況和共同規劃教案。另外，計劃亦安排兩名大學研究生在每個推行運算思維教育的班別擔任教學助理，以提供技術支援和協助學生；聯網學校還會獲資助添置或改善電腦器材。

「賽馬會運算思維教育」先導計劃共有 32 間香港的小學參與。甄選入圍者時，主要是審視申請學校的投入和準備程度。先導計劃亦希望藉此挑選出一個足以反映香港整體情況的學校組合。為小四至小六學生而設的第一級課堂，首先在 2016–17 學年於 10 間先導小學(第一期)推行，其餘 20 間小學(第二期)亦在 2017–18 學年加入。另外，有 2 間資源小學參與了課程發展及試堂，以及向本校學生授課。

到了 2018–19 學年尾聲，第一期 10 間小學和 2 間資源小學的小六學生，已順序完成全部 3 年的課堂，而全部 32 間小學的學生(第一期及資源小學的五年級學生；第二期小學的五年級及六年級學生)亦完成了 2 年的課堂。本報告將聚焦在 30 間第一期及第二期小學裡已完成 2 年課堂的學生。已全數完成 3 年課堂的第一期學生人數較少。有關他們的研究結果載於附錄三，但當中並沒顯示極為不同的趨勢。

由於先導計劃是連續數年以循環模式推行（每逢新學年，校內升小四的學生都會由第一級課程開始參與），共同策動「賽馬會運算思維教育」先導計劃的機構因此得以不斷改進課堂內容。先導計劃推行期間，每一年都會廣泛收集老師的意見，並從進行中的研究得出中期觀察結果。這一切皆有助改善課堂內容，最終達致在先導計劃尾聲完善課堂設計的目標。

先導計劃評估所應用的研究方法

對「賽馬會運算思維教育」先導計劃的外部評估，是由 SRI International (SRI)設計及執行，當中包含 2 個重要和相輔相成的部分：

1. **學生表現研究：**使用嚴謹的分析技巧，量度「賽馬會運算思維教育」課堂對培養學生運算思維的影響，以及
2. **執行情況研究：**描述參與者（老師、學生及校長）在「賽馬會運算思維教育」先導計劃推行期間的體驗，並歸納學校在推行這些課堂時的特色。

上述 2 種有關先導計劃的看法是相輔相成的，旨在讓持份者作出決定前，先瞭解「賽馬會運算思維教育」是否已作好拓展至香港其他小學的準備，以及若要成功地大規模推行這項計劃，應如何制訂計劃內容和提供所需支援。

下文將扼要介紹本研究所使用的方法。至於有關研究技巧和工具的詳情，請參閱本研究的中期報告 (Shear et al., 2019)。

1. 學生表現研究

「學生表現研究」旨在以盡可能嚴謹的方法，衡量學生在「賽馬會運算思維教育」提出的運算思維框架下 3 個目標範疇 — 運算思維概念、運算思維實踐、運算思維視野 (Shear et al., 2019) — 所取得的進展。它主要提出以下問題：

1. 在運算思維概念、實踐及視野方面，先導計劃的課堂對學生產生了甚麼影響？
2. 性別、班級、上課量、基線表現及其他因素如何影響學生的表現？
3. 在不同程度的課堂裡，學生學習運算思維的進度如何？

針對先導計劃的「學生表現研究」使用了一種對比設計，亦即比較參與和沒有參與「賽馬會運算思維教育」先導計劃的學生在表現上的差異。這種設計有助回答以下問題：接受「賽馬會運算思維教育」的學生，比沒有參與先導計劃者**多學了**甚麼？

「學生表現研究」的對象包含分屬 2 個組別的 30 間先導小學和 24 間配對的比照學校。「比照學校」是從申請參加「賽馬會運算思維教育」、但未獲納入先導計劃的學校中選出。SRI 研究人員是在考慮學校提交申請時所呈報的一系列因素後，再將參與先導計劃的學校與比照學校配對。這些因素包括學校之前提供編程教育的經驗；校內接受經濟資助的學生百分率；有特殊教育需要的學生所佔的百分率；以及「賽馬會運算思維教育」團隊在評選先導計劃參加者的過程中，根據每間學校在申請書內對參與意願和能力的描述而給予的「文件審批分數」。

關於先導與比照學校配對過程及結果的詳細描述，請參閱 Snow et al. (2017)。

這研究的其中一項重要貢獻，是研發了一套工具，用以量度那些組成運算思維概念、實踐及視野(表 1)、但卻難以評估的元素(為進行量度之故已作微調)。這套工具包含能夠將上述複雜概念合適地套用於小學生身上的 2 項評核 (運算思維概念及運算思維實踐)及一項學生調查 (運算思維視野)。

在制訂評核方法時，我們應用了 2 項重要的設計策略：

- **實據為本設計 (ECD)¹** 確保了「賽馬會運算思維教育」框架下的學習目標，與學生最終在評核裡回應的項目一致。ECD 應用的一套設計及反覆檢討過程，會按照需要量度的重點知識、技能及能力來設定評核目標，並以這些目標作為規劃評核工作的基礎。
- **局部矩陣採樣法** 一方面盡量減少每名學生填寫評核表格的負擔，但又能夠涵蓋組成「賽馬會運算思維教育」框架的大量複雜元素。在局部矩陣採樣法中，需要調查的項目會分散載於不同表格，而每份表格都會有部分問題重疊。這些表格會隨機派發予個別學生，使每名學生只需回答某部分的問題，至於整批學生的總體表現如何，則可透過分析得知。²

表 1: 使用「賽馬會運算思維教育」先導計劃的評估工具進行量度的項目

運算思維概念	運算思維實踐	運算思維視野
重複	算法思維	對編程的興趣
條件	重用及整合	數碼自我效能感
同步發生及序列	測試及除錯	效用動機
數據結構	概念化及模組化	貢獻世界的動機
程序 2		創意
		參與/投入
		歸屬感

1 有關 ECD 的詳情，請參閱 Mislevy, 2007; Mislevy & Haertel, 2006; 以及 Mislevy & Riconscente, 2006。

2 2018 年起，局部矩陣採樣法只用於評核學生的運算思維實踐。由於「賽馬會運算思維教育」持續改良課堂內容，其重點亦有所改變；為了配合這種轉變，在運算思維概念的部分，2018 年的評核並不包括「程序」這個項目。這簡化了針對運算思維概念的評核內容，使每個級別/程度的課堂只需一張問卷，因此再無需要採用局部矩陣採樣法。

圖 1. 學生表現研究的數據收集情況

學年				
	2016–17	2017–18	2018–19	2019–20
課堂開展情況				
2 間資源學校	L1	L1, L2	L1, L2, L3	L1, L2, L3
第一期的 10 間學校	L1	L1, L2	L1, L2, L3	L1, L2, L3
第二期的 20 間學校		L1	L1, L2	L1, L2, L3
評估數據收集情況				
運算思維概念	● ●	●	●	
運算思維實踐		● ●	●	
運算思維視野	● ●	●	●	
教師調查		● ●	●	
探訪學校		● ●		
評估報告				
基線		●		
中期			●	
總結				●

圖 1 描述進行「學生表現研究」及「執行情況研究」期間，「賽馬會運算思維教育」課堂的開展時間和評估數據收集時間。「賽馬會運算思維教育」先導計劃全長 4 年。以「學生表現研究」而言，在先導計劃的首 3 年裡，上述 3 件研究工具每年都會用於先導及比照學校的小四至小六學生。我們於 2017 年 2 月 — 亦即第一期學校開始教授第一級課堂時

一 收集有關運算思維概念及視野的基線數據，至於有關教學結果的數據，則分別於 2016–17、2017–18 及 2019 學年尾聲收集。運算思維實踐方面，基線數據及結果數據的收集時間分別為 2017–18 學年初 (當第二期小學開始教授第一級課程)，以及 2017–18 和 2018–19 學年尾聲。³ 在每年收集的數據中，亦包含所有先導及比照小學管理層所填寫的表格。

³ 在 2017 及 2018 學年尾聲收集有關運算思維概念及視野的數據，以及於 2018 學年尾聲收集運算思維視野的數據時，對象包含了小三學生，以待這些學生在下一年升上小四後作為比較的基線。

這些表格提供了有關學校、老師、課堂及學生的額外數據，有助進一步分析 (例如有特殊教育需要 (SEN) 學生所佔的百分率，以及學校同時推行的其他編程教育)。

收集終線數據時，分析員已能掌握全數 30 間先導小學推行計劃 2 年後的結果數據，以及第一期 10 間先導小學推行計劃 3 年後的結果數據。「學生表現研究」採用的主要分析方法如下：

1. **等級線性模型 (HLM)** 處理了學生置身於教室、教室則置身於學校的層次結構問題，因為在每個層次上出現的差異，均足以影響學生的表現。本報告及附錄包含了 2 年期及 3 年期的分析，學生在當中一段時間曾經轉換課室。因此，我們使用了一個 2 層的模型 (學生置身於學校)，以控制學生及學校背景特色，以及學生在「賽馬會運算思維教育」評核基線分數上的差異。
2. **項目反應理論 (IRT)** 是大型標準化評核常用的建模方式，旨在衡量學生在一段時間內的學習情況。IRT 根據個別評核項目的分數，針對某個概念建立一個顯示學生能力與項目難度的單一連續體，從而追蹤個別學生和同組學生隨時日過去而顯現的整體運算思維能力，並解釋在數年長的評核期裡，一名學生在評核項目及項目難度上面對的差異。

只有運算思維概念是因應不同學習階段採用不同的評核內容，但為了可以使用 IRT 來量度學生的進展，在全數 3 個層次的評核裡，部分評核項目是共通的。

關於「學生表現研究」的評核設計及評核工具詳情，請參閱本研究的中期報告 (Shear et al., 2019)。本報告附錄對終線分析中使用的分析模型亦有較詳盡描述。

2. 執行情況研究

「學生表現研究」集中衡量學生的學習成果，「執行情況研究」則旨在描述學生在課室的學習情況。設計「執行情況研究」的目的，在於幫助持份者瞭解學校和老師如何採用、調整和執行「賽馬會運算思維教育」，以備拓展該計劃之需。

「執行情況研究」主要提出以下問題：

1. 「賽馬會運算思維教育」課堂實際推行時，在甚麼程度上貫徹了其既定目標？
2. 課堂實際推行時，有甚麼地方跟原先預計的執行模式出現差異？
3. 參與「賽馬會運算思維教育」先導計劃的老師獲得甚麼支援？他們又面對甚麼障礙？
4. 課堂成功推行，要歸功於哪些因素？

「執行情況研究」使用定性研究法 (包含觀課、訪問/聚

焦小組的實地視察)，以深入瞭解 4 間先導小學師生的體驗。SRI 諮詢計劃合作夥伴的意見後，設計了數據收集工具，並由在香港設有辦事處的國際研究機構 Ipsos 收集數據。除了在 4 間中選學校進行深入調查，Ipsos 在諮詢 SRI 的意見後，亦設計和進行了一個涵蓋所有先導老師的調查，藉此更全面地瞭解這些老師的個人特色 (如教學年資、主力教授的科目等)、態度，以及他們在不同時段對「賽馬會運算思維教育」的觀感。此調查亦蒐集了老師如何調整課堂內容的資料，包括老師調整有關教材和活動的方法、原因和幅度。在收集 2019 年的數據時，調查更將重點放在老師如

何隨著經驗增多而調整授課策略。

「執行情況研究」分 3 期收集數據(表 2)，取樣時盡可能涵蓋香港不同類型的小學。因此，我們在過程中選擇了財政來源、學生背景、授課語言(中文及英語)及宗教聯繫各異的學校。獲選為研究對象的 4 間學校裡，2 間設有附屬中學。

表 2. 「執行情況研究」的數據收集

方法	樣本數量	時段
觀課	12 次(每間學校 3 次)	第 1 期：2017 年 11 月至 12 月 第 2 期：2018 年 5 月至 7 月 第 3 期：2019 年 3 月至 6 月
教師訪談	12 次(每間學校 3 次)	
學生聚焦小組	8 個(每間學校 2 個)	
校長訪談	4 次 (每間學校 1 次)	
教育工作者調查	所有參與先導計劃的老師	



先導計劃評估所涵蓋的學校

共有 32 間小學、逾 20,000 名小四至小六學生參與「賽馬會運算思維教育」先導計劃，而本研究則涵蓋了當中 30 間小學的 16,054 名學生。從提交的基線數據可見，這些先導小學代表了香港不同類型的學校，其分佈特色與香港小學的多元化現況大致相近（表 3）。

大部分先導小學（先導學生總人數的 87%）屬於以中文授課的資助學校，當中半數位於新界。它們的宗教背景各異，有天主教或其他基督教背景者剛好超過一半。這些先導小學的學生中，有特殊教育需要者平均達 11%，接受經濟資助的學生則有 37%。

參與本研究的先導學校和老師有其他 2 項特色，對我們瞭解下文講述的研究結果非常重要：

- 在先導計劃推行初期（基線），約 50% 接受運算思維視野調查的先導學生在參加「賽馬會運算思維教育」前已有一定的編程經驗。在本研究涵蓋的 3 年裡，學校在這方面出現了轉變：在 2019 年收集的學校數據顯示，所有比照學校都持續讓小四至小六學生學習某些編程語言，顯示香港越來越多小學提供編程教育。必須留意的是，為進行「學生表現研究」比照學校也在為學生提供其他類型的編程教育。

- 共有 191 位老師曾經在「賽馬會運算思維教育」先導計劃下授課，全數 3 年皆有參與計劃的老師則有 169 人。由香港賽馬會進行的一項調查⁴顯示，94% 老師除了教授電腦科學外，也同時任教其他科目；另外，只有 25% 老師持有資訊及通訊科技 (ICT) 或有關學科的學士或以上學位。根據是次評估的教師調查結果，他們平均擁有 7 年執教 ICT 的經驗。然而，缺乏或毫無相關經驗的老師亦為數不少；很多老師在參與「賽馬會運算思維教育」前，所受的 ICT 教育十分有限。

⁴ 有關數字源自回覆調查問卷的 143 (總數為 169) 位老師。

表 3 「賽馬會運算思維教育」先導計劃參與學校及學生的特色

	學校數目	參與學生 人數	學生%
總數	30	10,513	100%
學校類型			
官校	2	802	8%
資助學校	26	8,894	85%
直資學校	2	817	8%
以地區分類			
港島	4	1,243	12%
九龍	11	4,133	39%
新界	15	5,137	49%
宗教聯繫			
沒有宗教聯繫	11	3,707	35%
天主教	9	3,212	31%
基督教(非天主教)	7	2,759	26%
其他	3	835	8%
授課語言			
中文	26	9,160	87%
英語	4	1,353	13%
學生總體特色			
獲經濟資助	-	3,851	37%
有特殊教育需要	-	1,207	11%
非華語學生	-	205	2%

數據來源：由校長填寫的 2016-17 學年學校資料表格

先導學生的表現

本研究的中期報告(Shear et al., 2019)描述了學生首年在「賽馬會運算思維」課堂上的學習情況，有關數據只顯示第一期 10 間先導小學在首 2 年教授第一級課程的結果。經過多一年的課堂，我們現可較全面地瞭解全數 30 間先導小學學生在連續幾年裡的學習成效。

這一章會講述經過 2 年「賽馬會運算思維教育」後，全數 30 間先導小學的學生在運算思維概念、實踐和視野上取得的學習成效。我們使用同一套量度方法，比較先導學生與 22 間比照學校 5 學生的相對得益。要注意的是，在上述 2 年裡，一些比照學校的學生並沒有接受任何編程教育；但亦有部分比照學校為學生提供內容與「賽馬會運算思維教育」有別的編程課程。換言之，我們是將先導計劃為學生帶來的益處，與假設他們沒有參與先導計劃而可能獲得的益處作一比較。我們亦會報告不同類別的先導學生有否和怎樣在學習成效上出現差異，並根據「執行情況研究」的結果較全面地解釋有關現象。

我們是根據學生在 2 年裡學習運算思維所取得的整體進展而作出以下結論。上文所提及的進展，意指學生初期(基線)與完成 2 年「賽馬會運算思維」課堂後的得分差距。

本報告會集中講述學生在 2 年裡的得益。這是因為在第一期及第二期的全數 30 間先導小學裡，所有先導學生都已接受 2 年長的「賽馬會運算思維教育」。由於有大量數據，因此可作出嚴謹的結論⁶。第一期的 10 間先導小學較第二期學校早一年提供「賽馬會運算思維」課堂；換言之，第一期小學的六年級生已完成全數 3 年的課堂。附錄三對他們的學習情況有較詳細描述。

本報告探討「賽馬會運算思維教育」所產生的影響，亦即先導學生較比照學生可獲得甚麼額外得益。比較兩組學生所得的益處時，我們使用了等級線性模型(HLM)，並考慮一系列因素，務求將背景相近的學生作一公平比較。舉例說，學生置身於學校的層次結構問題，以及學生與學校本身的重要特色，都是我們需要考慮的事項。之後，我們會分別講述先導與比照學校學生根據這些模型推算所得的學習裨益，

⁵ 在 24 間比照學校中，有 2 間學校不能提供學生的基線分數，因此已從分析中剔除。

⁶ 本研究的中期報告(Shear et al., 2019)亦包含對先導學生經歷 2 年學習的成效預測，但當時只有第一期 10 間先導小學能提供學生的第 2 年學習數據。由於樣本數量太少，難以得出結論或評價先導計劃的成效。

以逐一說明學生首 2 年在不同條件下的學習成效，以及他們面對 2 種不同情況所出現的學習差異。在下文的統計圖裡，用 IRT 計算出來的學生整體運算思維概念及運算思維實踐得分會轉換成「常態曲線等值」(NCE)分數，方便比較先導與比照學生的相對得益。

常態曲線等值分數 (NCE) 是一個經過常態化轉換之後得出的標準分數，透過顯示學生在曲線中所處位置與平均值的差距，比較不同學生的表現。NCE 分數介乎 0-100，平均值為 50，逾 60%學生的分數是介乎 30 與 70 之間。有關這項量度方法的詳情，請參閱附錄二。

重點一覽

- 經過 2 年的「賽馬會運算思維教育」，先導計劃有助學生理解運算思維概念，其成效差不多具備重要的統計學意義。上述結果顯示，相對於採用其他編程教育的眾多比照學校，先導學生學到更多基本的編程概念(評估先導學生對運算思維概念的認識時，這些編程概念屬於測試範圍)。
- 從學生的運算思維實踐得分可見，先導學生的解難技巧大大勝過比照學校的學生。運算思維實踐評核針對學生廣泛應用運算思維技巧的能力，這種能力是邏輯思考和解決難題的基礎。上述結果證明，運算思維實踐是區分「賽馬會運算思維教育」與香港一般小學編程教育的重要指標。
- 雖然男、女生同樣受惠於 2 年的「賽馬會運算思維教育」，但男生在運算思維概念上的相對得益較女生多。其他分別則未有發現。
- 在運算思維實踐上，男、女生的相對得益差別不大，但若學生在數學科及運算思維實踐的基線得分較高，他們在運算思維實踐方面的得益亦會較大。上述結果印證了「賽馬會運算思維教育」有助學生加強掌握同樣適用於其他學科(如數學科)的解難技巧，至少成績優秀的學生確然如此。另外，如學生開始參與「賽馬會運算思維」課堂時已可在家上網，其相對得益亦會較多。
- 有關運算思維視野的數據顯示，先導與比照學生的整體運算思維視野得分並無出現具備重要統計學意義的差距，但在 2 年的研究期裡，學生的得分出現了輕微向下的趨勢。

學生表現：運算思維概念

在「賽馬會運算思維教育」框架中，運算思維概念是指編程概念，這對編寫程式極其重要。舉例說，「重複」就是瞭解迴圈(loops)在程式中如何運作；而「條件」則指如何將條件碼分支(指示計算機依照某個特定的條件碼，執行程式中不同部分的指令)。這些概念對幫助學生瞭解程式的運作原理至為重要，亦直接影響學生是否有能力設計和執行可以達致目標的指令。⁷

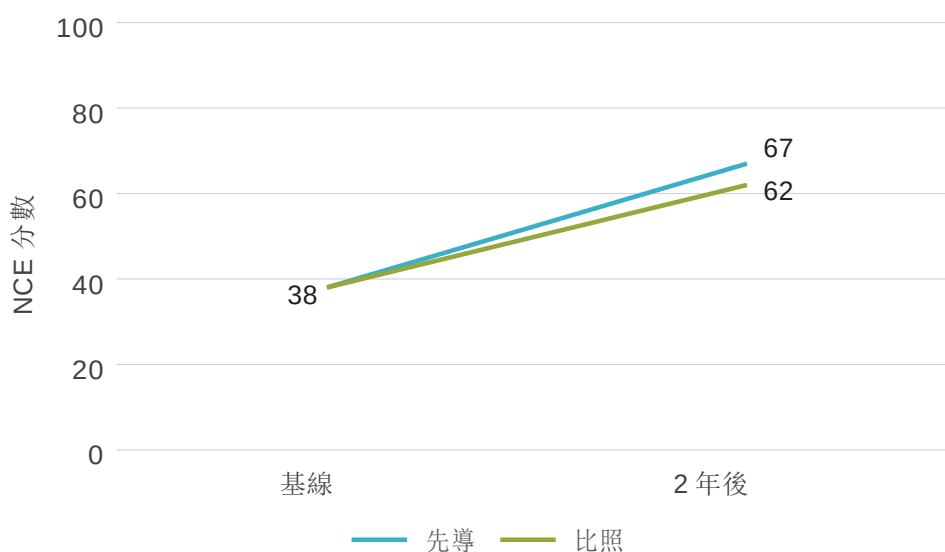
完成首2年的「賽馬會運算思維」課堂後，先導學生較比照學校的類似學生學到較多運算思維概念(圖2)。兩者的差距已差不多具備重要統計學意義。然而，我們必須注意一點：很多比照學校也有提供可能

運算思維概念	
重複	數據結構
條件	程序
同步發生及序列	

側重於運算思維概念的編程教育。因此，上述結果顯示**接受「賽馬會運算思維教育」的學生，較沒有參與先導計劃的學生學得更多。**

圖2顯示一名普通學生(NCE 基線分數為38)在運算思維概念上的預計得分走勢。無論是先導或比照學校的學生，在運算思維概念上均顯得獲益良多。正如我們所知，香港很多小學已提供編程教育；得出上述結果，正好與我們的認知吻合。

圖2. 先導與比照學校學生從開始(基線)至第2年課程結束後的運算思維概念得分走勢



註：是次分析的對象涵蓋30間先導小學裡已接受2年「賽馬會運算思維教育」的學生，以及22間比照學校的學生。

⁷因應課堂內容的調整，從2018年起，運算思維概念評核已剔除了「程序」(Procedures)這一概念。

我們預計先導學生完成 2 年的「賽馬會運算思維」課堂後，其得分將較在比照學校接受其他編程教育的學生高出 5 分。

在最近期的教師調查中，逾四分之三 (76%) 受訪老師同意「賽馬會運算思維教育」**「讓學生掌握基本的編程能力」**，三分之二老師

則同意「賽馬會運算思維教育」**「有助學生學習按部就班地思考」**。一位受訪老師指出「賽馬會運算思維教育」已超越編程教育的範疇，他認為不容易將運算思維概念轉化成一些實質事例，但「賽馬會運算思維教育」卻提供了一個授課的框架，這一點值得欣賞。

我們因應不同學生與學校的特點作出調整後，

- 先導學生在**運算思維概念上的 NCE 分數**較比照學校的學生估計**高出 5 分**， p 值為 0.08。此一差距在統計學上已差不多具備重要意義。
- 將上述估計影響轉化為**效應值**，便會得出 **0.21**。效應值(effect size)是衡量影響強弱的常用工具；根據 What Works Clearinghouse (WWC, 2014)(為教育研究提供「黃金標準」的美國聯邦資料庫)定下的標準，在教育研究中，效應值達 0.25 或以上已被視為「具實質重要性」。
- 若以百分位數(percentile)表達(亦即一名普通學生在該批學生中的排序變化)，效應值 0.21 相等於**由第 50 個百分位上升至第 58 個百分位**，「百分位數改善指數」(percentile improvement index)為 8。
- 平均而言，**先導學生的得益較比照學校的學生高出 21%**。



學生表現：運算思維實踐

在「賽馬會運算思維教育」框架中，運算思維實踐是指學生能否掌握一些整體技能和方向。這些技能和方向，對學生能否採用運算思維解決問題至為重要。舉例說，算法思維是一個基礎概念，意指以運算思維看待問題。設計「賽馬會運算思維教育」時，其中一項重要原則就是計劃內容不應局限於編程教育，而是必需突顯運算思維的廣義。

我們依據上述框架設計運算思維實踐的評核內容時，要求學生必須解決實際問題，但並沒要求他們使用屬於運算思維概念範疇的特定編程結構和計算機科學知識。雖然學生需要完成的練習/任務屬於運算思維範疇，但我們實質上是偏向測試學生的解難技巧和邏輯思維。這些整體技能與廣為人知的「二十一世紀技能」（如解難及邏輯思考）有不少重疊之處。

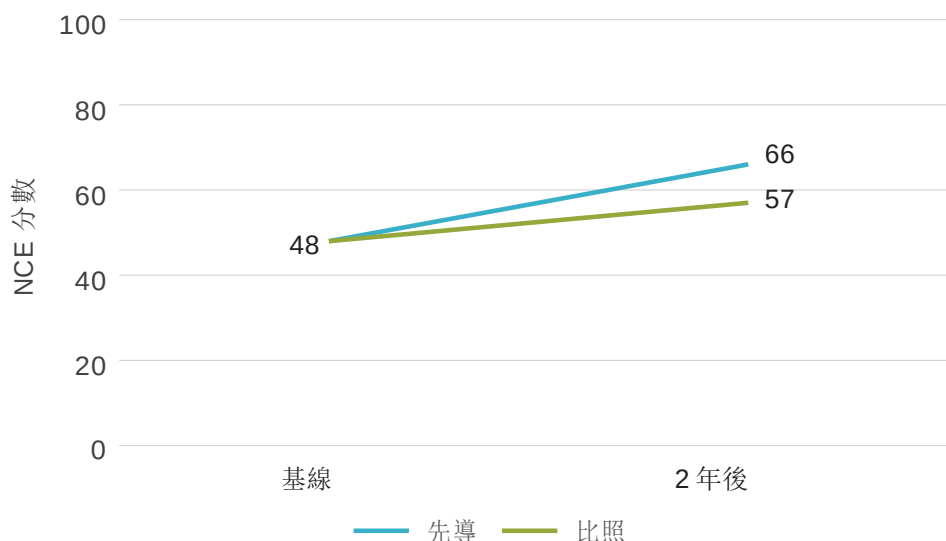
運算思維實踐

算法思維	測試及除錯
重用及整合	概念化及模組化

完成首2年的「賽馬會運算思維」課堂後，先導學生較比照學校的同類學生在運算思維實踐方面顯然學得更多（圖3）。兩者出現明顯的差別，不僅有實質重要性，亦具備重要的統計學意義。

圖3顯示一名普通學生（NCE 基線分數為48）在運算思維實踐上的預計得分走勢。在先導學校裡，這名學生的分數預計會上升至66分；反觀比照學校的學生，其分數預計只會上升至57分。

圖3. 先導與比照學校學生從開始(基線)至第2年課程結束後的運算思維實踐得分走勢



註：由於先導計劃的第一期學生並沒有接受關於運算思維實踐的基線評估，本分析只涵蓋先導計劃20間第二期小學及20間比照學校的學生。在這批先導學校裡，接受評核的學生都已完成2年的「賽馬會運算思維」課堂。

由於不少比照學校也有提供編程教育，上述差距顯得更為矚目。接受「賽馬會運算思維教育」的學生表現遠勝比照學校學生，顯示「賽馬會運算思維」課堂與香港一般編程教育的其中一項主要分別，在於培養學生掌握解難能力和邏輯思維的成效。

上文提到，運算思維實踐的評核內容，集中測試學生的整體解難能力和邏輯思維。這其實也適用於涉及類似思考過程的其他學科，如數學及工程學。本

研究雖然並沒測試將運算思維實踐轉用於其他學科(即計算機科學以外的學科)的效果，但先導學生在運算思維實踐上分數極高，或已顯示「賽馬會運算思維教育」有助學生掌握更多同樣適用於其他學科的基本解難技巧。

教師調查及學生聚焦小組的數據顯示，師生雙方均讚許「賽馬會運算思維」課堂為學生提供以創意解決問題的機會。部分受訪者更認為這些考驗智力的挑戰引人入勝。上述結果與學生在運算思維實踐評核中的出色表現吻合，顯示在部分學校裡，「賽馬會運算思維教育」已成功幫助學生建立以創意解決問題所需的一些特質。

「編程好像玩拼圖一樣，我頗享受當中的樂趣。我會花時間思考解決問題的方案，每次成功解決問題，也會得到莫大滿足感。其他課堂很少讓我產生這種感覺。」
(小四學生)

我們因應不同學生與學校的特點作出調整後，

- 先導學生在運算思維實踐上的分數較比照學校學生估計高出 9.3 分，p 值為 0.001。在統計學上，此一差距具備重要意義。
- 將上述估計影響轉化為效應值，便會得出 0.36。按照 What Works Clearinghouse 為教育研究定下的標準，此效應值已被視為具備實質重要性。
- 若以百分位數(percentile)表達(亦即一名普通學生在該批學生中的排序變化)，效應值 0.36 相等於由第 50 個百分位上升至第 64 個百分位，「百分位數改善指數」(percentile improvement index)為 14。
- 平均而言，先導學生的得益是比照學校學生的 2.1 倍。

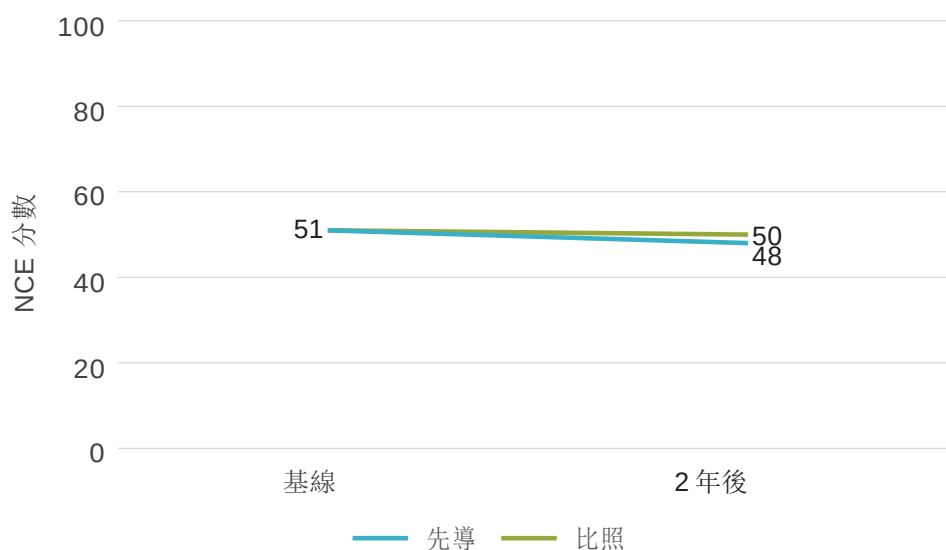
學生表現：

運算思維視野

運算思維視野是指學生對運算思維的看法和感覺。按照「賽馬會運算思維教育」框架，運算思維視野包含 7 項不同但互有關連的元素。舉例說，「數碼自我效能感」是指學生對自己的編程能力有多大信心；「效用動機」則指學生是否認為編程具有意義，或編程在學生心目中的重要程度。「賽馬會運算思維教育」致力激發學生的數碼創意，而非只著眼於教授編程技巧；因此，運算思維視野是衡量先導計劃成效的一個重要範疇。⁸

運算思維視野	
對編程的興趣	創意
數碼自我效能感	參與/投入
效用動力	歸屬感
貢獻世界的動力	

圖 4. 先導與比照學校學生從開始(基線)至第 2 年課程結束後的運算思維視野估計得分



註：是次分析的對象涵蓋 30 間先導小學裡已接受 2 年「賽馬會運算思維教育」的學生，以及 22 間比照學校的學生。

⁸ 對運算思維視野的綜合量度，並不包括歸屬感(Belonging)這個元素(詳情見附錄三)。「歸屬感」衡量學生對編程時與他人合作的看法，而不是學生對編程本身的觀感。由於「歸屬感」與其他衡量運算思維視野的元素關連不大，因此已從整體結果中剔除。

我們因應不同學生與學校的特點作出調整後，

- 先導學生的**運算思維視野估計得分**，較比照學校的學生**下跌多 2 分**， p 值為 0.13。在統計學上，這並非重大差異。

完成首 2 年「賽馬會運算思維」課堂後，先導學生在運算思維視野上的進展，稍弱於比照學校的學生(圖 4)，但從統計學角度而言，兩者的差距並無重大意義。在多個用以衡量運算思維視野的元素裡(對編程的興趣、數碼自我效能感、效用動機、貢獻世界的動機、創意、投入/參與、歸屬感)，兩者只有在「數碼自我效能感」(量度學生對自己的編程能力是否有信心)上的差異，才具備重大的統計學意義，顯示接受「賽馬會運算思維教育」的學生處於下風。

學生的學習信心和熱情減退並不罕見。這也許是因為他們開始感受到這個學科的艱深之處(舉例說，學生或會發覺編程比他們當初所想像的困難，要學習的東西亦較預計為多)，加上「賽馬會運算思維教育」較部分編程課程來得嚴謹，導致先導學生在「數碼自我效能感」的分數跌幅較比照學生為大。雖然下跌的幅度仍屬輕微，但分數持續數年下滑，實在值得「賽馬會運算思維教育」第 2 期課程的設計者深思。

學生分數出現輕微向下的趨勢，與教師調查的結果吻合。在 2019 年，78%受訪教師同意「學生積極投入學習活動」，71% 老師亦指出「學生充滿熱誠，用心完成指定練習。」這些數字雖然叫人鼓舞，但必須注意的是，這 2 個項目的得分都較 2017 年首次教師調查下跌逾 10%。老師表示，設計團隊持續改進課程內容，使學生較易理解，成功提升了他們的學習興趣。接受訪問的老師指出，容許學生自選研習專題和讓他們主動查找資訊及資源，都能增強學生的學習意欲。一位老師說：「學生明白了有關概念，再按照自己的意思編寫程式，會更有學習的動機。這是學生本人的心血結晶，自然較為投入。」不過，亦有另一位老師表示其學生難以理解有關概念，令他們的學習動機偏低。在持續改進課堂的過程中，其中一個目標就是繼續幫助較低年級學生理解艱深的學習內容。

「學生在課堂上高度自主，每當完成練習/任務，都可得到很大滿足感。」

(教師)

「第 2 級課程遠較第 1 級艱深，如學生能力較弱，對課程的興趣自然相應減低。」

(教師)

不同組別學生的學習情況

「賽馬會運算思維教育」其中一項非常重要的目標，就是提倡平等，亦即確保所有學生皆有學習運算思維的機會，不因他們有特殊教育需要(SEN)或在教育上處於弱勢而有所分別。本評估針對不同組別學生在運算思維概念和視野上的表現，發現學生的確因「賽馬會運算思維教育」受惠，亦為回答「哪些學生獲益最多？」這個問題提供了頭緒。

不同組別學生學習 運算思維概念的情況

在先導計劃推行初年，學習成效因學生的性別而出現差異。經過 2 年「賽馬會運算思維教育」後，運算思維概念評核顯示男、女生同樣受惠(意思是他們較比照學校的學生學到較多運算思維概念)，**但男生從先導計劃的得益持續多於女生**。上述趨勢首見於「賽馬會運算思維」課堂推行滿一年後的報告，而且自此持續不變。先導計劃對男、女生的「影響」差距為 2.3 分，p 值為 0.02。

中期報告亦指出，在完成一年的「賽馬會運算思維」課堂後，其他數個組別的學生在學習運算思維概念上均處於弱勢。這包括學業成績較平凡的學生、在啓動(基線)對運算思維概念認識較少的學生，以及班上有較多 SEN 同學的學生。**然而，完成 2 年先導課堂後，已察覺不到這些差異。**

學生完成 2 年「賽馬會運算思維」課堂後，在運算思維概念上的表現雖受其性別影響，但分析結果並沒發現他們的表現因下述因素而出現有重要統計學意義的分別：

- 學生參加先導計劃之初(基線)的數學成績或運算思維概念得分
- 年級
- 學生參加先導計劃之初(基線)已可在家使用電腦
- 學生參加先導計劃之初(基線)已可在家上網
- 學生之前的編程經驗
- SEN 學生在學生總人數的百分率
- 受資助學生在學生總人數的百分率
- 學校在推行先導計劃前(基線)的編程教學經驗

然而，受訪老師表示部分 SEN 及弱勢學生的上課形式，與其他同學不盡相同。舉例說，教導這些學生時，老師有較大機會指示他們填寫範本來逐步完成習作/任務，而非鼓勵學生運用創意自行編寫程式和解決問題。在大規模推行「賽馬會運算思維教育」時，必須注意如何使學生享有均等的學習機會，並制訂讓不同學生都能參與課堂活動的策略。

不同組別學生 實踐運算思維的情況

在運算思維概念與運算思維實踐上，不同組別學生的表現有顯著差異。在運算思維實踐方面，男生並沒有重複他們在運算思維概念上的優勢，男、女生之間的差距並無重要的統計學意義。然而，**學生的相對得益與其基線數學測驗分數，卻顯出清晰和重大的關連**。在運算思維實踐方面，「賽馬會運算思維教育」對數學成績較好的學生裨益較大。另外，如學生的運算思維實踐基線得分較高，或開始接受「賽馬會運算思維教育」時已可在家上網，他們在運算思維實踐方面都能獲益更多。

解讀上述差異時，必須留意的是運算思維概念評核所測試的知識，早已在計算機科學紮根，也就是完成編程任務所需的專門知識。相比之下，運算思維實踐評核所測試的技能較為「一般」。雖然測試題目都是以運算思維及組塊編程(block programming)為背景，但所需的解難技巧及邏輯思維，並不屬於計算機科學知識或專門的計算機科學概念，反而與學生解決數學難題所需的技能頗有共通之處。

將學生的基線數學分數，比較他們因接受「賽馬會運算思維教育」而在運算思維實踐方面的相對得益，可見兩者之間有極強的正向關連。上述結果進一步說明接受「賽馬會運算思維教育」的學生，或可將他們建立的解難技巧和邏輯思維轉用於其他範疇。運算思維實踐基線分數較高、可以在家上網的學生，在運算思維實踐上表現較佳。這顯示學業成績較好和家中資源較豐富的學生，比

其他學生獲益更多。工作團隊為大規模推行「賽馬會運算思維教育」而持續調整課堂設計時，或需考慮此重要因素，以達致為學生提供均等學習機會的目標。

學生完成 2 年「賽馬會運算思維」課堂後，他們在運算思維實踐方面的表現雖因其運算思維實踐基線分數、數學科基線分數，以及初期能否在家中上網這 3 項因素而出現差異，但分析結果並沒發現他們的表現因下述因素而出現有重要統計學意義的差別：

- 性別
- 年級
- 學生參加先導計劃之初(基線)已可在家上網
- 學生之前的編程經驗
- SEN 學生在學生總人數的百分率
- 受資助學生在學生總人數的百分率
- 學校在推行先導計劃前(基線)的編程教學經驗



先導教師及校長的體驗

本報告上一章講述學生的整體表現，但沒有提及各小學推行「賽馬會運算思維教育」時出現的不同情況。之前的研究報告描述了老師在教學方法上的差異：有些老師會透過主動探索來學習新的授課模式，但亦有部分人採用由教師主導的策略。學校在環境和能力上的差異，亦足以影響教授和學習「賽馬會運算思維」的成效。

這一章所使用的數據，源自對所有「賽馬會運算思維教育」先導計劃老師的意見調查，以及接受實地視察的 4 間學校。我們旨在透過這些數據顯示「賽馬會運算思維教育」在先導學校的推行情況，特別是老師如何隨著教授「賽馬會運算思維」的經驗增多，而在運算思維視野和實踐方面出現轉變。

「賽馬會運算思維教育」團隊正著手建立一個自給自足的生態系統，以配合大規模在香港的小學長期推行運算思維教育；因此，老師和學校執行先導計劃的整體狀況，對團隊極具參考意義。

重點一覽

- 老師表示教授「賽馬會運算思維」涉及新的教學策略，部分更形容他們需要改用較側重學生的授課策略。
- 「賽馬會運算思維教育」的課堂內容雖已持續調整，修訂後的新課程亦已改進良多，但部分老師仍感到過於艱深。
- 麻省理工和教大所提供的教師培訓非常重要，不僅有助老師作好授課的準備，亦有利他們深入和正確認識運算思維和「賽馬會運算思維教育」。
- 大部分老師認為不能缺少教學助理的支援。
- 不少老師認為隨著自己教授「賽馬會運算思維教育」的經驗增多，教學助理的重要性逐漸下降。
- 校長讚許「賽馬會運算思維教育」加快建立有關的教師社群，有助他們帶領學校實現 STEM 教育的目標。

「賽馬會運算思維教育」 授課情況

老師持續指出，「賽馬會運算思維教育」的授課方式與一般課堂截然不同。

以學生為本的教學方法

由於各先導學校採用的教學策略差異甚大，先導教師的教學風格亦截然不同。這一點毫不為奇。部分學校雖然早已採用「主動學習模式」，學生亦熟習了這種授課方法，但對大部分學校而言，「賽馬會運算思維教育」與它們的慣常教學方法可謂大相逕庭。

針對所有先導教師的調查顯示，80%受訪者認為教授「賽馬會運算思維」與執教其他課堂大不相同。當被問及兩者的詳細差異時，幾位老師指出最大的分別在於「賽馬會運算思維教育」非常注重協作學習，並大力鼓勵學生主動探索問題。有些老師則表示教授「賽馬會運算思維」時，對全班講課的時間相對較少。一位老師說，在「賽馬會運算思維」課堂上，學生不僅需要實踐和練習，也要瞭解當中的概念和原理。

80% 老師認為「賽馬會運算思維教育」的授課方式，與他們平時採用的策略截然不同。

「學生主導了課堂，而且有大量機會進行討論，老師只是提供指引。」 (教師)

「學生高度自主，可從課堂獲得很大滿足感。」 (教師)

「由於沒有標準答案，學生因此可發揮創意。」 (教師)

在一些聚焦小組裡，學生顯得頗懂分辨和理解「賽馬會運算思維」課堂與其他學科的分別。

「我很喜歡運算思維課堂，它非常有趣。我需要在堂上完成一些練習/任務；每當我可以自行糾正錯誤，都感到十分滿足。」 (小四學生)

大部分在 2019 年初受訪的教師，都指出曾在先導計劃推行期內調整自己的教學策略。兩位老師表示曾努力將嶄新的運算思維概念與日常生活實例聯繫起來。另有 2 位老師表示曾更改授課重點，從敦促

學生完成練習/任務，改為幫助他們加強瞭解運算思維的概念。下文摘錄了一些老師在調查裡提出的意見，從中可見他們如何隨著經驗增多而調整授課方法：

「我深入瞭解學生遇到的學習難題後，便可集中講解那些重點。」

(教師)

「我現在較有信心處理學生的難題和問題。」

(教師)

部分老師表示已改用以學生為本的授課方法。

「縮短由我講解的時間，騰出多些時間讓學生自行嘗試。」

(教師)

教師調查和實地觀課結果顯示，部分老師在熟習「賽馬會運算思維教育」的課堂內容後，會逐步調整授課方式。然而，這些數據亦同時反映不少先導老師並未充分落實該計劃所提倡的教學方法。我們於先導計劃推行期內派員觀課，而按觀課人員所描述，在接近三分之一的課堂裡，老師只是「資訊傳遞者」，而非「教練」或「課堂主持」。在最新一次的教師調查裡，41% 回應者不同意「賽馬會運算思維教育」「給學生更多在堂上發揮創意的機會。」

充滿挑戰的任務

老師和校長都同意推動「賽馬會運算思維教育」需面對重重挑戰。在先導計劃期內收集的每一批數據，都有意見認為「需要在預定時間內教授的內容太多」。一如上文所述，運算思維在小學是新鮮領域。設計人員正好透過先導計劃，瞭解應為這個發展階段的學生編排多少學習內容，方能切合實際情況。為了回應老師和校長的憂慮，「賽馬會運算思維教育」的策動機構在每個新學年開始前都會調整課堂內容；而此舉亦獲得老師與校長的讚許。先導計劃因應老師與校長意見而作出的其中一項重大改動，就是在小學四年級取消使用由麻省理工研發的 App Inventor(較 Scratch 艱深的運算環境)，只供小五和小六學生使用。

最後一批數據顯示，有老師認為第 3 級課程(收集這一批數據時，首次有 2 批學生同時修習這一級課程)的部分內容過於艱深。或許正是這個原因，在有關的教師調查中，認為「賽馬會運算思維教育」對學生有所裨益的老師減少了 6%。事實上，執教第一級課程的老師對計劃評價最高，課程的程度越深，老師的評價越低。有鑑於此，聯合策動「賽馬會運算思維教育」的機構一直也在調整課堂內容。

計劃面對的另一項重大挑戰，是如何因應學生的能力差異調整課堂內容。為幫助進展未如理想的學生追上進度，受訪老師會作出調整，如提供範本讓學生填寫，而非讓他們自行找出方法。老師憂慮此舉雖可顧全整體學習進度，但卻可能犧牲學生學習和發揮創意的機會。

教學助理

「賽馬會運算思維教育」在老師授課時提供的其中一項重要支援，就是在每班安排 2 位教學助理。這些教學助理的職責視乎老師和學生的需要而定，好像為學生提供技術支援，又或在老師尚未有充足信心授課前不時從旁協助。

在先導計劃的第 3 年，教學助理對老師仍然舉足輕重。在 2019 年的教師調查中，贊同『我可以執教「賽馬會運算思維」課堂而無需教學助理幫忙』的老師不足 10%。雖然大部分 (55%) 受訪者認為教學助理的重要性隨著自己經驗增多而下降，但表示『我必須有教學助理幫忙才可以執教「賽馬會運算思維」課堂』的老師，仍然超過三分之一。在訪談中，雖有幾位老師把教學助理的支援形容為「錦上添花」，但大部分人仍視之為「必要」或「重要」。談到教學助理的角色時，全數 11 位。

「[學生] 時常提出大量問題，但我只有 35 分鐘時間。有些同學甚至連登入網上平台也出現困難。假如沒有教學助理幫忙，情況必然非常混亂。」

(教師)



老師形容他們給予學生「單對單」的協助；幾位受訪者則說「課室裡像是有 3 位老師一般。」

教師專業發展

在以往的報告裡 (Shear et al., 2019)，我們曾講述 麻省理工和教大為協助老師執教「賽馬會運算思維」課堂而提供的事前培訓及其價值。在先導計劃的最後一年，我們將曾經受訓與沒有機會受訓的老師作一比較，可以較清晰地瞭解上述訓練如何影響老師對運算思維及「賽馬會運算思維教育」的觀感。調查結果顯示，逾四分之三接受過完整專業培訓的老師表示，很大機會

向同事推薦「賽馬會運算思維教育」。然而，在 28% 只接受校本培訓的老師裡，不足一半人表示會推薦這個計劃。在訪談中，未能受惠於完整專業培訓的老師，對運算思維教育的視野似乎較為狹窄，重視編程技巧多於以創意解決問題。**這顯示全面推行「賽馬會運算思維教育」時，必須借鏡先導計劃中成效卓著的教師培訓模式，盡辦法為所有老師提供完整的專業訓練。**另外，工作人員已按老師要求提供較多授課要訣和生活實例，幫助後者向學生講解運算思維概念。

98% 執教「賽馬會運算思維」課堂的老師表示有與同事合作編寫教案。

「我們常常期望老師多交流知識。這是一個持續的過程，不僅有利於老師的專業發展，學生亦可從中受惠。看見老師主動分享和學習，我深感欣慰。」
(校長)

「執教「賽馬會運算思維」課堂的 4 位老師有較多互動和自由討論。由於課程內容較以往艱深，他們會更主動編寫教案和備課，也更積極提出新的授課意念或方法。」
(校長)

「[賽馬會運算思維教育] 計劃改變了老師的進修和教學方式，有利於整個老師社群的發展。」
(校長)

對學校的影響

雖然校長和老師均認為教授「賽馬會運算思維」令工作量增多，但多位校長亦察覺到先導計劃有助學校加快在校內建立由老師組成的活躍專業社群，努力實踐 STEM 教育的目標。

在參與「賽馬會運算思維教育」先導計劃前，計算機科學在 4 間受訪小學課程中所佔的比重各有不同，但全數 4 位校長均指出先導計劃有助學校達致推行計算機科學教育的目標。有校長更表示先導計劃來得及時，有利學校達致教育局提倡 STEM 教育的期望。在「賽馬會運算思維教育」推行前，學校看來早已萌生教授運算思維的意願，只是欠缺執行的框架。

『「賽馬會運算思維教育」就像指示方向的燈塔。我們之前並沒有就 STEM 的教學大綱或方向制訂具體計劃。』
(校長)

「我們正在摸索推行運算思維教育的方向，計劃實在來得及時。教育局大力提倡 STEM 教育，我們因此也在思索合適的教學計劃，希望在這方面做得更好。」
(校長)

「對學校來說，這是一次不錯的體驗。計劃讓我們認識到甚麼是運算思維和教育，我自己和同事亦在多方面得到啟發，更清楚未來的路向。」
(校長)

校長亦指出計劃之所以能夠成功推行，實有賴各項配套的支援措施；如缺乏這些支援，計劃便較難實施。

「充足和系統化的支援，有助學校加快教導更多學生認識運算思維。」
(校長)

「賽馬會運算思維教育」的全面推行

總結報告詳細敘述了先導計劃的成就與挑戰，對大規模推行「賽馬會運算思維教育」有重要的參考價值。在這一章，我們會根據老師和學生對先導計劃的體驗提出實質建議，以供規劃全面推行「賽馬會運算思維教育」之用。

有大量研究證據顯示，學校改革往往難以持久和大規模推行 (Datnow, 2002; Friend, Flattum, Simpson, Nederhoff, & Neumark-Sztainer, 2014)。如要大規模推行改革，必須留意成功執行相關措施所需的細節和步驟，並取得持份者的長期支持。舉例說，讓持份者加深瞭解改革內容，鼓勵積極參與，有助他們忠實執行相關措施，以免偏離改革重點 (Bryk and Gomez, 2008)。協助老師及校長建立社交聯繫，互相支援，對維持他們參與改革的熱情亦極為重要 (Coburn, Russell, Kaufman, & Stein, 2012)。

隨著「賽馬會運算思維教育」先導計劃成功在 32 間學校推行，工作團隊已作好準備，將運算思維教育大規模推廣至香港其他小學，使更多學生可以受惠。要達致這個目標，團隊深明在提供優質教材之餘，還需多方面的配合。大規模推行「賽馬會運算思維教育」時，團隊必須思考多個問題，例如怎樣促使人數眾多的不同持份者投入和支持這個計劃；怎樣使計劃成功在更多不同類型的學校推行；以及如何以合理成本持續大規模為老師提供充足的優質專業培訓。

大部分因拓展項目規模而引發的問題，都可以從多個層次理解和分析。我們現集中剖析以下 2 項：

- **微觀：** 大規模推行「賽馬會運算思維教育」對學生有何影響？為老師提供的授課/專業培訓支援又需如何配合？
- **宏觀：** 學校及教育制度需如何配合？這或涉及增強整體支援和審視教育系統的能力。

1 維持教師專業發展模式在大規模推行時的成效
很多先導老師得以有效授課，主要是因為他們有機會持續接受由大學研究人員主持的密集培訓，當中包括長達 78 小時的工作坊。然而，若要全面推行「賽馬會運算思維教育」，上述培訓模式並不可行。在計劃的第 2 階段，我們要让老師和學校享有較大彈性，因此需由培訓員(包括受過訓練的指導教師)幫忙向授課老師提供專業訓練。這種分散的嶄新教師專業發展模式，或會令培訓質素出現參差。

微觀影響：設計者應將先導教師培訓的成功要素，融入 教師大型專業培訓計劃的基礎原則，好讓老師深入瞭解和掌握執教「賽馬會運算思維」課堂所需的背景資料、教學知識及實用工具。無論「賽馬會運算思維教育」採用哪種教師專業培訓模式，設計導師培訓課程或活動時，必需參照這些基礎原則，使這些培訓活動在各重要範疇上都能盡量一致。

宏觀影響：學校需要制訂相應策略，放寬代課安排，讓執教「賽馬會運算思維」課堂的老師騰出時間接受專業培訓。此舉涉及整個教育系統的能力，必須考慮其產生的影響。與教育系統內其他成員(如教育局、辦學團體、教師培訓機構)合作設計全港的教師專業培訓活動時，必須持續體現上述基礎原則。

2 協助校內及跨校實踐社群 (CoPs)加強教師專業訓練
「執行情況研究」發現，很多老師為了達致「賽馬會運算思維教育」定下的進取目標，已開始互相合作、彼此支援。我們可借此機會，先在每間參與學校成立實踐社群，進而將其拓展至涵蓋全港參與這個計劃的老師。

微觀影響：每間學校的實踐社群雖有其獨特組織結構和特質，但積極為學校領導團隊提供培訓及指導，可以幫助他們有效領導實踐社群，確保時間用得其所，真正體現「賽馬會運算思維教育」及運算思維的核心原則。至於如何設計學校裡的實踐社群，下文提到的多個議題均有敘述。單靠活躍的教師實踐社群不能解決問題，但它是一個重要平台，可以讓校內教職員重申須要優先處理的事項和分享對策。

宏觀影響：「賽馬會運算思維教育」聯網學校內的實踐社群，可以持續加強分享優良的學習及教學模式，宣揚將運算思維教育納入香港小學課程的重要性，並公開嘉許透過執教「賽馬會運算思維」課堂和採用嶄新教學方法來推動創新的老師。在教育局和教育系統其他成員的支持下，實踐社群可以再接再厲，為全面推廣運算思維教育制訂策略。

3 持續突顯解難和邏輯思考的重要性 提升學生解決難題及邏輯思考的能力，是「賽馬會運算思維教育」的首要目標之一；事實上，評估結果亦顯示先導計劃對建立學生的運算思維實踐能力成效卓著。然而，老師普遍面對時間不足及學生能力參差的問題，部分人表示會給予學生編程指示或使用其他可以提升效率的方法。然而，此舉會使學生損失自行解決難題的機會，必須正視。

微觀影響：除了在課堂和教師專業發展方面加強解難及邏輯思考培訓，課程設計者必須制訂策略，使不同類型學生易於理解教材內容，並在不影響學生練習解難和進行創意探索的大前提下縮窄學習範圍。

宏觀影響：工作團隊應持續指導校長及其他教學主管，協助他們成立專業社群，確保他們在校內全方位重點推動學生學習 21 世紀技能。學校在推行「賽馬會運算思維教育」之餘，還可與教育局加強正式合作，以及參與全港有關教學標準和課程的討論。這對推廣有關理念非常重要，亦有助爭取教育系統的支持，將其廣泛納入香港的小學課程。

4 鼓勵老師主動教授運算思維及深入認識其理念 不曾接受「賽馬會運算思維教育」全套正規訓練的老師，對運算思維教育的性質和目的認識較淺，對這個計劃的熱誠亦隨著時日逐漸減退。另外，執教難度較高的第 3 級課程的老師，亦出現這種現象。

微觀影響：設計大型專業培訓工作坊時，必須確保所有執教「賽馬會運算思維」課堂的老師都有機會參與，而不是只為部分老師提供正規專業訓練，卻讓其他人自尋進修途徑。另外，設計實踐社群的其中一個重要原則，是突顯電腦運算為一種發揮創意的媒體。

宏觀影響：學校和教育系統成員應提供誘因和持續進修的機會，鼓勵老師長期投入這個計劃，並設立機制，嘉許成功累積經驗和願意承擔更多責任的老師。要成功推行運算思維教育，整個教育系統必須予以支持，讓學校可以調撥資源和提供獎勵，配合教育系統設下的目標。

5 按教學需要提供度身訂造的支援 不少老師發現不能缺少教學助理的支援，尤以初期執教「賽馬會運算思維」課堂為甚。正如之前的研究報告指出(Shear et al., 2019)，部分學校更在科技設備或電腦配置方面出現問題，影響了學生的學習機會。

微觀影響：全面推行「賽馬會運算思維教育」時，應制訂有關教學助理的策略，讓所有老師都可以按需要獲得支援。

宏觀影響：聯合教育系統內的其他夥伴，增強學校長遠提供運算思維教育的能力，如為它們提供所需的技術支援，提升科技基建，並建立常設制度，為需要承擔全新和複雜教學職務的老師提供授課支援。另外，應為辦學團體提供說明和指示，讓這些團體在推行「賽馬會運算思維教育」前，可以評估學校的資源狀況（技術、組織及人事），以及思考若學校的資源不足，應採取甚麼補救措施。

6 處理學生能力參差的問題 經過 2 年的「賽馬會運算思維教育」，以學習成效而言，有特殊教育需要 (SEN) 和接受經濟援助的學生跟其他學生並無重大差別。由於「學生表現研究」只能在學校層次取得與平等學習機會有關的數據，因此不能顯示個別學生在課堂裡遭遇的不平等情況（但「執行情況研究」有助揭示這方面的問題）。為了協助能力較遜的學生完成課堂，往往需要減少讓他們進行創意探索和自行解決難題的機會。老師鼓勵學生合力解決問題時，有時會採用分組形式，限制了能力較強學生的學習機會。在整體運算思維概念方面，男生的得益看來亦較女生為多。

微觀影響：無論是教師專業培訓活動或實踐社群，都須重點討論和思考如何制訂策略，讓學生在課堂上有均等的解難機會。工作團隊可以為老師提供一些參考模式，顯示如何將能力不同的學生分組，說明如何在不需學生犧牲探索和解難機會的大前提下簡化教材，並提升女生對運算練習/任務的興趣。另外，團隊亦應持續調整教材（尤其是較新的第 3 級課程），讓學生易於理解。

宏觀影響：在教育系統的層次上，教師和校長應在討論教育及相關策略時，把平等機會視為優先事項，以支援能力各異的學生。儘管現行小學課程的不同學科均非常重視學生的解難及相關能力，但「賽馬會運算思維教育」卻明確提出有需要執行平等機會策略，讓所有學生有均等機會學習解難和其他 21 世紀技能。事實上，這些新的教育概念已逐漸融入香港不同學科的課程內容。

7 幫助學生全情投入運算思維 學生學習成效評估的結果顯示，運算思維視野是學生沒有明顯得益的唯一範疇。由此可見，「賽馬會運算思維教育」雖成功增進學生的運算思維知識及技能，但總體而言，並未提升他們使用運算思維的熱誠與自信，以及充分瞭解運算思維的價值。

微觀影響：全部 3 個級別的「賽馬會運算思維」課堂，都應該增加將運算思維概念與學生切身體驗掛勾的練習和例子，並突顯如何使用運算思維解決學生的日常生活難題。學生應有更多機會在「賽馬會運算思維」的專題研習項目發揮創意，解決他們有份提出的新難題。工作團隊應持續調整課堂目標，切合不同年齡學生的需要，並向老師收集資料，瞭解他們如何提升「賽馬會運算思

維」課堂的趣味和吸引力，作為持續改進課堂內容的參考。在規劃教師專業發展活動時，須突顯學生自主學習的重要性，確保所有學生能感受以創新方式使用運算及編程技巧解決問題的成功感。

宏觀影響：繼續舉辦啟發和吸引學生學習運算思維的活動，如編程嘉年華及比賽。老師應在實踐社群內分享創新項目，讓其他學校的同工也可瞭解學生的運算思維能力和創新潛質。闡釋運算思維對學生日後發展事業的價值，說明若學生能夠掌握運算思維，出路絕不止於成為「程式設計員」。明確促請校長向全校全面講解運算思維的價值和用處，並將運算思維視野納入公眾及家長的討論範圍。



總結

本報告分析了「賽馬會運算思維教育」先導計劃對推廣小學運算思維教育的重大貢獻。運算思維是相對新鮮的領域，與香港的同類學生比較(部分可在學校接受其他類型的編程教育)，接受「賽馬會運算思維教育」的學生在運算思維知識和技能上得益較多，其運算思維實踐表現尤其突出。由此可見，「賽馬會運算思維教育」有助推廣解難技巧和邏輯思考。推動數碼創意，是計劃及教育制度的核心目標，而上述 2 項技能，則同屬數碼創意的基石。

學生的學習成效，是根據先導計劃制定的運算思維教育框架下幾項明顯的指標計算。「賽馬會運算思維」課堂本身就是值得參考的模範和重要資源，示範如何將運算思維盡早納入學生的常規課程。其教師專業培訓計劃不僅說明在香港推行一項嶄新和複雜課程時，持續為老師提供支援的重要性，更提供了一個成效卓著的教師專業發展模式，足堪其他教育項目借鏡和參考。先導計劃評估採用的評核方法都經過嚴謹驗證，有助在全面推行計劃後監察學生學習運算思維的進度。憑著這些完善的設計，「賽馬會運算思維教育」將可為香港以至其他地方的小學運算思維教育作出重大貢獻，並有潛質成為推行系統性措施的典範。

先導計劃為期數年，讓工作團隊得以持續改進教材，但若認為修訂過程已大功告成，實乃誤解。在中學以至專上學府，編程教育都是經歷多年發展才到達成熟階段。將「賽馬會運算思維教育」大規模推廣至其他小學，必然會遇上新的挑戰。這包括需持續按學生年齡調整學習目標；增強教材和課堂活動的吸引力，讓較年幼的學生易於理解；在課程內加入人工智能等新興科技知識；以及制訂協助教師的策略，讓他們即使需因應授課時間不足和學生能力參差等問題調整教學策略，仍能讓學生有充足的機會進行探索和練習解難。

先導計劃成績斐然，「賽馬會運算思維教育」的下一步，就是將運算思維及創意解難技巧大規模推廣至香港其他小學的高年級學生。全面開展計劃的其中一項重大挑戰，是如何維持在先導階段的良好執行質

素和教師專業培訓水平。這需要加強與學校及老師的互動。大規模為教師提供專業培訓及支援，並持續檢討計劃的執行情況和成效，從中找尋既可確保質素、又符合經濟效益的最佳做法，便可歸納出有助在香港以至其他地方大規模開展編程教育的重要模式。

「賽馬會運算思維教育」團隊的另一項挑戰，是將改革的主導權從策動機構轉移至學校及教育系統 (Coburn, 2003)。為了配合這項安排，團隊決定讓學校因應本身的情況釐定課程內容，鼓勵老師試行和採用最適合學生的授課策略。有計劃地合辦教師專業培訓活動，是達致上述目標的重要一步，而且早已開始實施。教育系統內其他合作夥伴亦可為全面推行計劃承擔額外責任，如協助建立跨校教師實踐社群、審視學校是否已為推行計劃作好準備(如準備不足，又應採取甚麼補救措施)，以及持續宣傳在小學推行運算思維教育的重要性。



4 年前，香港賽馬會聯同合作夥伴定下了一個非常進取的目標：在 32 間學校裡，向一個新年齡組別的學生引進分 3 年授課的運算思維教育。以先導計劃而言，如此龐大的規模並不常見。本評估的結果顯示，先導計劃成功推動學生學習運算思維，尤其是與他們日後發展大有關連的解難能力和邏輯思維。先導計劃亦為如何推行教師專業培訓樹立了值得參考的模式，並有助學校回應教育局加強在校內推行 STEM 教育的要求。

另外，本評估還應用了最先進的評核工具和方法，量度學生在這個嶄新領域的學習成效。

讓學生提早學習運算思維是全球的新方向。「賽馬會運算思維教育」先導計劃顯示了持續發展和改進一項新課程所經歷的過程，對促成上述目標作出了重大貢獻。當計劃全面推行，它仍會在運算思維教育上處於領導地位。這是因為大量香港學生將得以從單純的科技使用者，蛻變成懂得運用科技解難、創作和創新的新一代，有力應對複雜和瞬息萬變的未來社會。



參考文獻

- ACARA. (2016). The Australian curriculum. Retrieved from <http://www.australiancurriculum.edu.au/download/f10>
- Bell, T., Andreae, P., & Robins, A. (2014). A case study of the introduction of computer science in NZ schools. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)*, 14(2), 1-31.
- Bocconi, S., Chiocciariello, A., Dettori, G., Ferrari, A., & Engelhardt, K. (2016). *Developing computational thinking in compulsory education-Implications for policy and practice* (No. JRC104188). Seville, Spain: Joint Research Centre.
- Brennan, K., & Resnick, M. (2012, April). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. In *Proceedings of the 2012 annual meeting of the American Educational Research Association*, Vancouver, Canada (Vol. 1, p. 25).
- Bryk, A. S., & Gomez, L. M. (2008). Reinventing a research and development capacity. *The future of educational entrepreneurship: Possibilities for school reform* (pp.181-206). Cambridge, MA: Harvard Education Press.
- Coburn, C. E. (2003). Rethinking scale: Moving beyond numbers to deep and lasting change. *Educational Researcher*, 32(6), 3-12.
- Coburn, C. E., Russell, J. L., Kaufman, J. H., & Stein, M. K. (2012). Supporting sustainability: Teachers' advice networks and ambitious instructional reform. *American Journal of Education*, 119(1), 137-182.
- Datnow, A. (2002). Can we transplant educational reform, and does it last? *Journal of Educational Change*, 3(3-4), 215-239.
- Embretson, S. E., & Reise, S. P. (2013). *Item response theory for psychologists*. London: Psychology Press.
- Informatics Europe & ACM Europe Working Group on Informatics Education (2013). *Informatics education: Europe cannot afford to miss the boat*. Zurich, Switzerland: Authors.
- Friend, S., Flattum, C. F., Simpson, D., Nederhoff, D. M., & Neumark-Sztainer, D. (2014). The researchers have left the building: What contributes to sustaining school-based interventions following the conclusion of formal research support? *Journal of School Health*, 84(5), 326-333.
- Lee, M. (2017). Computational thinking: Efforts in Korea. In P. J. Rich & C. B. Hodges (Eds.), *Emerging research, practice, and policy on computational thinking* (pp. 363-366). Cham, Switzerland: Springer.
- Mislevy, R. J. (2007). Validity by design. *Educational Researcher*, 36(8), 463-469.
- Mislevy, R. J., & Haertel, G. D. (2006). Implications of evidence-centered design for educational testing. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 25(4), 6-20.
- Mislevy, R. J., & Riconscente, M. M. (2006). Evidence-centered assessment design: Layers, concepts, and terminology. In S. Downing & T. Haladyna (Eds.), *Handbook of test development* (pp. 61-90). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

- Seehorn, D., Carey, S., Fuschetto, B., Lee, I., Moix, D., O'Grady-Cunniff, D., ... & Verno, A. (2011). *CSTA K-12 computer science standards: Revised 2011*. Chicago, IL: CSTA
- Sentance, S., Barendsen, E., & Schulte, C. (Eds.). (2018). *Computer science education: Perspectives on teaching and learning in school*. London, England: Bloomsbury.
- Seow, P., Looi, C. K., Wadhwa, B., Wu, L., & Liu, L. (2017). Computational thinking and coding initiatives in Singapore. In *Conference Proceedings of International Conference on Computational Thinking Education* (pp. 164-167).
- Shear, L., Wang, H., Xu, Y., Tate, C., Basu, S., & Rutstein, D. (2019). *CoolThink@JC evaluation midline report*. Menlo Park, CA: SRI International.
- Snow, E., Shear, L., Rutstein, D., Wang, H., Iwatani, E., Xu, Y., Basu, S., & Tate, C. (2017). *CoolThink@JC evaluation baseline report*. Menlo Park, CA: SRI International.
- The Royal Society. (2012). *Shut down or restart?: The way forward for computing in UK schools*. London, England: Author.
- What Works Clearinghouse. (2014). *WWC procedures and standards handbook (Version 3.0)*. Washington, DC: U.S. Department of Education, Institute of Education Sciences, National Center for Education Evaluation and Regional Assistance.
- Wilson, C., Sudol, L. A., Stephenson, C., & Stehlik, M. (2010). Running on empty: The failure to teach K-12 computer science in the digital age. *Association for Computing Machinery*, 26.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.
- Yadav, A., Good, J., Voogt, J., & Fisser, P. (2017). Computational thinking as an emerging competence domain. In *Competence-based vocational and professional education* (pp. 1051-1067). Cham, Switzerland: Springer.