

# 線上教育平台能以較低成本擴展相同學習成果的大學 STEM 教學

數據處校務研究中心 葉昱佐編譯 陳錦華主任校稿

- 改寫自 Chirikov, Semenova, Maloshonok, Bettinger, & Kizilcec. (Aug 2020). Online education platforms scale college STEM instruction with equivalent learning outcomes at lower cost. *Science Advances*.

## 一、引言

科學(Science)·技術(Technology)·工程(Engineering)和數學(Math)(合稱 STEM)領域專業人才的短缺正在減緩全球知識經濟的增長和創新。已開發國家和開發中國家都推出了數十億美元的計劃，以增加 STEM 畢業生的人才供應。但是，與其他多數專業相比，STEM 學位課程的營運成本更高，高等教育機構因此面臨需遏止因為吸引合格教師以及為更多畢業生提供服務而增加成本的需求。全球最大的 STEM 畢業生產出國(中國、印度、俄羅斯和美國)，積極尋求替代政策以提高 STEM 教育的成本效益。本研究提供一種可負擔的方法來應對此全球性挑戰，並以實地實驗(Field Experiment)證明其有效性。

## 二、材料與方法

### 1. 研究背景

本研究於 2017-2018 學年在俄羅斯進行，為探討俄羅斯 OpenEdu 平台線上課程整合大學傳統學位課程之可行性研究的一部分。OpenEdu 是提供俄羅斯最大的國家線上教育平台，也是一家非營利組織，於 2015 年由俄羅斯八所頂尖大學與高等教育和科學部(Ministry of Higher Education and Science, MHES)的支持下成立，以解決人們在經濟衰退期間對高等教育品質日益增長的擔憂，並提高大眾化高等教育系統的成本效益。截至 2019 年 4 月，OpenEdu 提供了來自俄羅斯頂尖大學的 350 多種線上課程。俄羅斯的高等教育機構可向製作課程的大學支付少量費用，將 OpenEdu 平台上的任何課程整合至他們的課程中。學生可以透過完全線上或混合授課(線上課程加上面對面討論)的方式獲得該課程的學分。

OpenEdu 提供的線上課程和州立大學的傳統面授課程的內容均符合 FSES (Federal State Education Standards)規範，讓我們在資源受限的教育機構，有機會檢視使用線上課程來取代面授課程之影響。FSES 是對學生學習成果、學術課程結構以及特定學術領域內所需資源(人員、財務資源和物理基礎設施)的詳細要求，由各個學術領域的大學課程委員會發展而來。所有國家認可的高等教育機構都必須設計符合 FSES 規範的學術課程，否則將終止其認證。大學可以將其他大學在 OpenEdu 的線上課程納入其認可的學術課程中，因為課程內容皆符合一致的 FSES 規範。

### 2. 資料收集

本研究在三所大學以隨機對照試驗(RCT)方式進行收集資料，包含兩門課程，一門為工程力學(以下簡稱 EM)，一門為建築材料科技(以下簡稱 CMT)。資料收集分為六個階段，說明如

下。

**第一階段、選擇大學。**我們根據 OpenEdu 提供的 12 所高等教育機構的名單選擇要研究的對象大學。這些高等教育機構可能已經與 OpenEdu 合作，將線上課程整合到他們的學術課程中；或曾向 OpenEdu 詢問線上課程整合的可能性。然後，我們排除了 7 所獲得州額外補助的聯邦大學、國立研究大學或「Project 5-100 計畫」大學，或是不在俄羅斯歐洲區域的學校。最後，我們選定五個機構並邀請參與研究，參與條件如下：

1. 該大學擁有 STEM 學術課程，並願意用 OpenEdu 的線上課程代替其中一門課程。
2. 該大學擁有一組 STEM 科目的二年級學生，而這一組的人數超過了 75 名學生。我們選擇二年級學生，因為想在我們的學習中納入基礎 STEM 課程，這些課程在大學的第一年和第二年最常見，而大二學生亦已經適應了大學環境。在俄羅斯的高等教育，每個系所通常約只有 100 名或以下的學生，我們需要 75 名學生作為控制組，以及至少 25 名學生作為實驗組。
3. 大學可以提供一名現場協調員(不能是課程教師)與研究團隊一起進行實驗。

最後，共有三所大學(以下簡稱 U1~U3)同意參加該研究。U1 是一所理工大學，位於俄羅斯歐洲地區人口超過 25 萬的城市，招收了 10,000 名學生。在 2017 年新生入學的全國排名中，**U1 在 458 所高等教育機構中排名後半。U1 有 103 名機械工程專業的大二學生參加實驗。**

U2 也是一所理工大學，在俄羅斯歐洲地區擁有超過 100 萬人的城市中招收了 15,000 名學生。在 2017 年的新生入學的全國排名中，**U2 在 458 所高等教育機構中排名後半。U2 有 140 名土木工程專業的大二學生參加實驗。**

U3 是一所綜合性大學(以前為理工學院)，在俄羅斯歐洲地區擁有 50 萬人口的城市中，招收了 25,000 名學生。在 2017 年的新生入學的全國排名中，**該大學在 458 所高等教育機構中排名後半。U3 有 87 名機械工程專業的大二學生參加實驗。**

**第二階段、選擇課程。**我們選擇實驗組的線上課程，選擇依據如下：

1. 線上課程符合俄羅斯的 FSES 規範。
2. 選擇的大學和系所的線上課程應有同等的面授課程，而該面授課程須為該系大二學生的必修課程。
3. OpenEdu 的線上課程與面授課程同時開始(2017 年 9 月)。

因此，我們為研究選擇兩個線上課程：EM(工程力學)(在 U1 和 U2)以及 CMT(建築材料科技)(在 U3)。EM 線上課程在 2017-2018 學年秋季學期(從 2017 年 9 月 11 日至 2018 年 2 月 15 日，為期 18 週)於 OpenEdu 上授課。課程共計五學分。要完成本課程，學生必須具有高中程度的物理、數學與描述性幾何知識。教學大綱包括 17 個主題，分為三個部分：靜力學、運動學和動力學。需閱讀文獻包括四本教科書和習題集。**EM 課程的學習成果強調設計和應用力學和數學模型來描述各種機械現象的能力。課程學習成果為透過課堂上的多選題測驗、每個單元的作業、綜合性的課程專案以及期末考試進行評估。**

EM 線上課程為由烏拉爾聯邦大學製作和提供，該大學擁有 33,000 名學生，是 10 所聯邦大學和 Project 5-100 計畫大學中的其中一所，可獲得額外補助，為世界一流的大學。在 2017 年新生入學的全國排名中，烏拉爾聯邦大學在 458 所高等教育機構中排名前 25%。在機械工程和土木工程的錄取率方面，它也位列俄羅斯大學的前 10 名。

我們還對課程教師進行了調查，並收集了他們的社會人口學特徵、研究和教學經驗的資訊，如表 1。如我們所料，該國一所頂尖工程大學的線上課程教師比面授課程教師具有更好的教育背景、更多年的教學經驗以及更多研究發表，在 Scopus 或 Web of Science 引用文獻資料庫收錄的文章發表比 U1 和 U2 教師的總和多八倍，此外線上課程的教師也是兩本 EM 教科書的作者。

表 1、教師特徵

課程	教師	學歷	畢業學校	學術等級	教學年數	發表
EM	教師 A · 線上	博士(特許任教資格)	精英大學	教授	46	39
	教師 B · 線上	博士(特許任教資格)	精英大學	副教授	24	20
	教師 A · U1	博士	非精英大學	副教授	17	—
	教師 B · U1	博士	非精英大學	副教授	20	1
	教師 A · U2	博士	非精英大學	副教授	35	1
	教師 B · U2	—	非精英大學	資深教師	12	5
CMT	教師 A · 線上	博士	精英大學	副教授	31	—
	教師 B · 線上	博士	精英大學	副教授	43	—
	教師 C · 線上	博士	精英大學	副教授	47	—
	教師 D · 線上	博士	精英大學	副教授	51	—
	教師 A · U3	—	非精英大學	資深教師	11	—

註 1：僅包括 Web of Science 和 Scopus 引用文獻資料庫收錄的期刊發表。

註 2：俄羅斯實行兩階段博士學位資格制度：第一級(初級博士學位)相當於博士學位或類似學位。第二個級別(全博士學位)是一項附加資格，可讓您獲得全職教授的學術排名(類似於德國和其他歐洲國家的「特許任教資格」)。

CMT 線上課程在 2017-2018 學年秋季學期(從 2017 年 9 月 11 日至 2018 年 2 月 15 日，為期 18 週)於 OpenEdu 上授課。課程共計四學分。要完成本課程，學生必須具有高中程度的物理、數學與化學的知識。教學大綱包括 16 個主題，重點關注建築材料的特性，其生產方法以及用這些材料製造機器零件的過程。所需的文獻包括三本教科書和問題集。CMT 課程的學習成果強調設計技術和數學模型以及選擇合適的建築材料的能力。課程學習結果藉由課堂上的多選題測驗、每個單元的作業以及期末考試進行評估。

CMT 線上課程亦由烏拉爾聯邦大學製作並提供(與 EM 的線上課程相同)。與面授課程教師相比，CMT 線上課程的教師亦具有較好的教育背景和多年的教學經驗。(請參閱表 1)。

第三階段、標準化課程內容。我們與課程教師合作，並提供面授課程教師一套教材(講座投影

片，指定的閱讀材料和試題集)以更新其課程，以確保線上課程和面授課程學生的課程內容(學習成果、課程主題、需閱讀文獻與作業)都是相同的。

**第四階段、隨機分配。**研究小組獲得每所大學的學生名單，並將他們隨機分配到三種授課模式之一：

1. 面授模式：參與該大學教師教授的面授課程與面對面小組討論
2. 混合模式：參與線上課程與該大學教師教授的面對面小組討論
3. 線上模式：全線上課程，每次課程後在線上完成課程作業，且無法參加面對面的討論小組。

課程開始前，這三種模式的學生與其大學教師及研究團隊一起參加現場的會議，並說明有關研究背景、實驗步驟以及使用混合或完全線上模式上課的實際注意事項。會議期間，學生亦需參加預試(包括數學、物理和工程製圖等八項)，以評估學生對課程內容的準備程度。學生還填寫了一份調查問卷，詢問他們的社會人口學特徵以及先前的學習經驗。完成上述這些步驟後，學生才會被告知被分配的實驗模式，此時可選擇退出而不會產生任何後果，同意參加者則簽署知情同意書以參加研究。

表 2、三種模式下的學生統計資訊摘要

共變數	面授模式			混合模式			線上模式		
	N	平均	標準差	N	平均	標準差	N	平均	標準差
女性比例	101	0.32	0.47	100	0.40	0.49	124	0.27	0.44
年齡	97	18.90	0.90	97	18.96	1.14	110	18.92	0.97
有線上學習經驗	93	0.28	0.45	94	0.22	0.42	99	0.25	0.44
考試前分數	96	31.38	18.14	96	32.16	19.26	110	27.61	18.24
高考分數，俄語	97	75.43	12.08	97	74.58	12.58	111	74.46	13.45
高考成绩，數學	96	58.72	13.42	97	59.96	13.57	111	57.87	13.89
高考分數，物理	96	54.87	9.55	95	55.76	11.39	109	53.95	10.44
累積大學 GPA	97	3.87	0.47	97	3.86	0.50	111	3.88	0.51
內在動機指數( $\alpha= 0.73$ )	80	3.79	1.57	73	4.23	1.56	93	4.28	1.44
外在動機指數( $\alpha= 0.72$ )	84	4.67	1.17	85	4.86	1.18	101	4.76	1.03
學習自我效能指數( $\alpha= 0.71$ )	58	0.13	1.15	64	-0.02	0.91	76	-0.08	0.95
與教師互動指數( $\alpha= 0.70$ )	81	0.07	1.09	84	0.11	1.02	98	-0.15	0.88

U1 的 103 名學生中，有 98 名同意參加該實驗(95%)；U2(140 名)及 U3(87 名)的所有學生皆同意參加實驗(100%)，共計 325 名學生被分至以下模式：面授 101 人、混合 100 人、線上 124 人。隨機分配建立三組社會人口特徵均衡的學生( $P=0.31$ )。三個模式的學生統計資訊摘要如下表 2。

**第五階段、學生參加課程。**學生按照指定的教學方式上課，研究小組並透過教師和 OpenEdu

收集學生出勤和課程表現的資訊。在所有模式下，學生接受相同的考試和每週評估內容，但允許線上模式學生在每周評估可嘗試三次，但不適用參加期末考試時。

**第六階段、後測和訪談。**三組學生進行後測(期末考試)，以評估他們對課程主題的掌握程度。後測評估的內容與 OpenEdu 平台上的 EM 和 CMT 線上版本的期末考試相同，並均符合 OpenEdu 平台要求的 FSES 規範。題目包含多選題和開放式問題，EM 課程的題庫包括 10 個單元共 177 題，CMT 課程的題庫包含 30 個單元共 623 題，兩科目皆從每個單元選擇一題來進行後測評估。CMT 及 EM 題庫皆具有良好的信度係數，其值介於 0.7 至 0.8 間。

研究團隊和課程教師針對三個模式的所有學生同時進行期末考試，學生皆收到相同的考試題目。EM 課程有 216 名(91%)學生參加了考試(60 分鐘，10 題測驗)；CMT 課程有 78 名(90%)學生參加了考試(40 分鐘，30 題測驗)，學生流失與模式無顯著相關。

最後，學生完成了一份調查問卷，詢問他們的課程經驗和滿意度，研究小組亦針對學生進行了數次深度訪談和焦點小組討論。

### 3. 共變數測量

在課程開始之前，我們收集了做為共變數的學生特徵數據。過去的研究顯示，學生在線上課程的表現與社會人口學、動機、自我效能以及與教師的互動有關。學生完成預試後，我們即詢問學生的性別和年齡、過去參與獨立或大學部分線上課程的經驗、學術動機、學習的自我效能以及與教師互動的頻率。大學亦提供學生在大一時期的 GPA 成績以及他們在物理、數學和俄文方面的全國大學入學考試分數等行政數據。俄羅斯的國家大學入學考試(Unified State Exam)是俄羅斯針對特定學科的標準化考試，學生在高中畢業後參加考試，並藉由入學考試進入高等教育機構就讀。每科考試成績範圍是 0 到 100 分，如前述表二。

我們依據自我決定論，使用 Vallerand 等人的學業動機量表簡化版，測量內在與外在等兩種動機，學生被要求評估八項與家庭作業相關的相符程度：兩項敘述衡量內在動機(項目 1、2)，六項敘述衡量了外在動機(項目 3~8)。外在動機的每組成可分為兩項敘述，包含認同調節(identified regulation)(項目 3、4)、投射調節(introjected regulation)(項目 5、6)以及外在調節(external regulation)(項目 7、8)。學生使用七分量表回答以下敘述與他們做作業原因的相符程度，由「完全不相符」(1 分)到「完全相符」(7 分)，最後計算內在動機與外在動機兩個指標的分數。

1. 在學習新事物時，我會感到高興和滿足。
2. 我的學業使我能夠繼續學習許多令我感興趣的事物。
3. 這將幫助我擴展將來所需的知識和技能。
4. 這將有助於我對自己的未來職業做出更好的選擇。
5. 我的同學們做到了。
6. 如果我不這樣做，我會感到尷尬。
7. 我想避免教師的麻煩。

## 8. 我想獲得高分。

然後，我們使用 Zimmerman 訂定、並經 Littlejohn 等人改編的自我調節學習問卷，來測量學生學習之自我效能。學生使用四分量表評估他們在大學學習的方式，由「完全不同意」(1分)到「完全同意」(4分)。

1. 我可以學習新事物，因為我可以依靠自己的能力。
2. 我過去的經驗使我為新的學習挑戰做好了充分的準備。
3. 面對挑戰時，我可以想出各種克服挑戰的方法。
4. 我覺得無論要求我學習什麼，我都能應付自如。

接著，我們使用研究型大學學生調查的「學生體驗」中的兩項(項目 1、2)和 Maloshonok 和 Terentev 的兩項(項目 3、4)測量與教師互動的頻率。學生使用五分量表評估在上個學年與教師互動的情形。

1. 課後與老師討論課程中出現的問題和概念。
2. 與教職員工一起進行除課外作業之外的其他活動(如學生組織、校園委員會和文化活動)。
3. 與教師討論您的成績和課程任務。
4. 從老師那裡收到關於您的學習的反饋。

學生完成上述題項填答後，我們使用主成分分析將內在動機、外在動機、自我效能以及與教師互動等指標進行計算，如表 2。

## 4. 結果測量

我們在本研究中測量了三個學生成果，以衡量最終的期末考試成績、課程平均表現成績以及課程中的滿意度。首先，使用正式的**期末考試成績評估**期末考試成績(0 至 100%);其次，透過課程作業的平均分數將課程中的學習表現進行評估(0 至 100%);第三，使用課程結束後的調查評估滿意度，問題為「請對您對課程的滿意程度進行評分」，學生可以從「完全不滿意」到「非常滿意」四個尺度進行評分。

我們透過計算學生的期末考試成績與其他成績在統計上之相關性，**期末考試成績與課程表現成績(Pearson 相關係數  $r=0.35$ ， $P<0.001$ )**、**期末考試成績與預試分數( $r=0.35$ ， $P<0.001$ )**均達顯著差異；**期末考試成績與學生總體 GPA( $r=0.07$ ， $P=0.27$ )**、**期末考試成績與高中考試成績( $r<0.1$ ， $P>0.11$ )**則未達顯著差異。這提供期末考試不僅衡量學生的一般能力，並具體衡量與課程目標相關的知識和技能的證據。課程學習表現分數與滿意度之相關係數  $r=0.35$ ；期末考試分數與滿意度的相關係數為  $r=0.095$ 。

## 5. 分析方法

固定效果模式即為一般迴歸模型，在估計模型的截距項  $\alpha$  跟斜率項  $\beta$  都是參數之估計值，利用樣本結果來估計參數。我們比較預測三個結果指標調整前後的結果。未經調整的迴歸模型採用以下公式，並以面授模式為參考組。

$$Y_i = b_0 + b_1 * \text{ModalityBlended}_i + b_2 * \text{ModalityOnline}_i + b_3 * U2_i + b_4 * U3_i + e_i$$

註：ModalityBlended 混合模式；ModalityOnline 線上模式；U2、U3 本研究第二、三所大學

經共變數調整的迴歸模型則增加以下共變數：知識預試分數、性別、年齡、以前參加線上課程的經驗、累計 GPA、全國物理、數學和俄語考試成績、學業動機、學習自我效能，以及與教師的互動。在結果解讀時，應以 1b. 經共變數調整之模型為主；未經調整及經共變數調整的迴歸結果如表 3。研究發現，三種授課模式在期末考試成績並無顯著差異(1b. 之結果)；而相較於面授模式，線上模式的學生在課程表現成績表現顯著較好(2b. 之結果)，滿意度顯著較低(3b. 之結果)；混合模式的學生在課程表現成績以及學生滿意度則皆未達顯著差異。

表 3、三種結果量度的未調整和共變數調整的迴歸估計(參考組為面授模式)

	結果：期末考試成績		結果：課程表現成績		結果：學生滿意度	
	1a. 未調整	1b. 共變數調整	2a. 未調整	2b. 共變數調整	3a. 未調整	3b. 共變數調整
模式= 線上	0.589 (2.21)	1.442 (2.28)	7.22 ** (3.06)	7.19** (2.85)	-5.01 ** (2.54)	-5.05 * (2.69)
模式= 混合	-1.081 (2.31)	-0.791 (2.35)	1.28 (3.19)	0.744 (2.92)	-2.03 (2.69)	-2.48 (2.71)
截距	52.089 *** (2.26)	53.074 *** (2.41)	70.74 *** (3.05)	74.436 *** (2.92)	64.12 *** (2.55)	63.02 *** (2.67)
R <sup>2</sup>	14.0%	18.4%	57.8%	68.1%	19.9%	29.5%

註 1：括弧中的數字為標準差

註 2：\*\*\*P < 0.01，\*\*P < 0.05，\*P < 0.1

## 6. 成本節約分析

我們對於導入混合或線上教學的成本節約分析有兩個步驟。首先，我們計算並比較在沒有州政府補助且較無聲望的大學中，需要 EM 和 CMT 課程的面授、混合以及完全線上模式的教師薪酬費用。其次，我們計算如果大學利用目前獲得的資金採行混合或線上模式，這些大學的 EM 和 CMT 課程招收的學生人數為何。我們的計算基於四個假設，經計算之成本節約分析結果如表 4。

- 一、我們的分析著眼於資源有限的州立大學，這些大學沒有國家研究大學、聯邦大學、「Project 5-100 計畫」大學等的聲望。
- 二、我們計算 STEM 領域高等教育公共支出的成本節約情形。
- 三、我們的計算是針對實驗中使用的相同教學模型進行的。
- 四、當我們計算混合或線上方式的入學人數增加時，我們假設除教師薪酬外的所有費用都將保持不變。

表 4 成本節約摘要統計資訊

課程	平均每年整體面授課程招生人數	平均每校每年學生招生人數	每千名學生平均教師薪酬 (美元)		每千名學生的線上課程費用(美元)*	教師薪酬節約(%)		平均每年增加招生人數	
			面授	混合		混合 / 面授	線上 / 面授	混合	線上
EM	29,992	233(225)	23,670 (12,170)	19,130 (6810)	4520	19.2	80.9	1005	5457
CMT	72,516	562(475)	19,270 (7170)	16,310 (5630)	4030	15.4	79.1	1825	10,865

註 1：括弧中的數字為標準差

註 2：線上課程的費用包括生產、交付和指導

### 三、結果

我們發現期末考試成績與上課模式並無顯著差異( $P=0.77$ )；而課程表現成績則與上課模式呈顯著差異( $P=0.039$ )，線上授課模式之課程表現較面授高出約平均 7.2 分( $P=0.012$ )，其中面授和混合模式的學生課程表現無顯著差異( $P=0.80$ )。對於線上模式的學生來說，這樣的結果可能是因為較寬鬆的提交次數政策所導致，因被允許每週可嘗試三次的線上課程評估。另外發現學生滿意度與上課模式未達顯著差異( $P=0.109$ )。

全國線上教育平台藉由為經濟困難的高等教育機構節約成本，從而解決資源短缺與 STEM 合格教師短缺的潛在問題。由於目前俄羅斯有 41% 的 STEM 教職員工年齡超過 60 歲，預計現有教職員工人數將急劇下降。有鑑於教職員工短缺和學生需求的增長，國家的線上平台可以減輕預算限制，因為合格教師的供給給教職員工的薪酬費用帶來了更大的壓力。為了證明其成本效益，我們估算 EM 和 CMT 的混合教學或線上教學在俄羅斯資源受限的高等教育機構的導入是否可協助以相同或更低的費用為國家系統招收更多的 STEM 學生。

有 129 所國立高等教育機構僅獲得國家的基本補助，並且錄取一部分以 EM 和/或 CMT 作為系所必修的學生。在 2018 年，這些大學招收了 29,992 名需要修讀 EM 的新生和 72,516 名需要修讀 CMT 的新生。這些學生的學費由政府支付：每所大學每年為每個學生提供年度補貼，包括教師薪酬和所有其他費用(如員工和管理人員的薪水、建築物維護和水電以及學習設備)。在我們的模型中，假設每所資源受限大學的部分國家補貼將移轉到該國排名最高的大學，以生產、交付和採購線上版本的 EM 和 CMT。然而，混合與線上的教學模式將減少教師的薪酬支出，並使資源有限的大學能夠招募更多具有相同國家補貼的學生。

根據這 129 所大學的教師薪資和每年招生人數的數據，我們計算當提供面授、混合授課或完全線上授課時，每門課程每位學生的教師薪酬。我們的估計為根據大學在實驗中使用的相同教學模型：所有學生參加一次共同的講座課程(不超過 300 名學生)，然後分配到小組討

論部分，每組最多 30 名學生。我們對混合和線上方式的估計考量線上課程的製作費用(媒體製作以及教職員工的報酬)、支持與採購成本。與面授課程的教師薪資費用相比，混合教學將 EM 的每學生成本降低了 19.2%，將 CMT 的成本降低了 15.4%。線上教學則將 EM 的成本降低 80.9%，將 CMT 的成本降低 79.1%。

相同的政府補助，這些節約的成本可以增加對於招生 STEM 學生的補助。保守假設每所大學包含每位學生除教師薪酬外的所有其他費用保持不變，如果採用混合教學方式，這些資源受限的大學可以在 EM 課程多教授 3.4% 的學生，在 CMT 課程多教授 2.5% 的學生。

#### 四、討論

本研究證明國家線上教育平台擴大可負擔的 STEM 教育機會的潛力。在我們提出的模型中，國家線上教育平台將頂尖大學建立的線上課程給予許可，給資源受限且缺少合格教師的大學。資源受限的大學則可採取完全線上或混合模式的認證課程給予學分，以促進學生學習。在挑戰和局限方面，首先，平台本身、改善線上教學的教師發展計劃以及引入新的教學模式都需要大量的啟動成本，這些費用可由政府或大學財團負擔。其次，線上教育平台對學生學習的影響和教學成本的跨國差異值得進一步研究。第三，如何在學位課程結合不同的教學方式影響不同背景學生的學習和生涯成果需要進一步研究。政策制定者和課程設計者需要嘗試新方法，使得相較傳統教學模式，更可以改善學生的學習成效。

在已開發國家和開發中國家缺乏資源與合格教師來擴展 STEM 教育的時候，國家(或認可)的線上教育平台可以為傳統的教學模式提供可行的替代方法。我們的研究顯示，大學可以使用這些平台來增加入學人數，而無需花費更多的資源用於教師費用，也不會損失學生的學習成果。儘管學生的滿意度可能下降，但與潛在節約的成本相比，滿意度的下降卻顯得微不足道。一個對 STEM 計劃進行具有成本效益的擴展，將使面臨教師短缺和成本上漲的國家在全球知識經濟中更具競爭力。