

全球研究報告 研究布局中的學科多樣性： 概念、測度及其在 創新活動中的作用

Jonathan Adams , David Pendlebury 和 Martin Szomszor



作者簡介

Jonathan Adams 是 Institute for Scientific Information (ISI)™ 首席科學家，同時也是英國倫敦國王學院 (King's College London) 政策研究所的客座教授。由於在高等教育和政策研究領域的卓越貢獻，他在 2017 年被英國艾希特大學 (University of Exeter) 授予榮譽理學博士學位。ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0325-4431>。

David Pendlebury 是 ISI 的研究分析主管。自 1983 年以來，他一直致力於使用 Web of Science 資料來探尋科學研究的結構和動態。他與 ISI 創辦人 Eugene Garfield 共事多年，並與 Henry Small 共同開發了 Web of Science Essential Science Indicators™ (ESI) 資料庫。ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5074-1593>。

Martin Szomszor 博士是 ISI 總監。他具有資訊工程專業背景，專精工程、機器學習及自然語言處理。他與英國高等教育資助委員會 (HEFCE) 合作創建了 REF2014 影響力案例研究資料庫 (REF2014 impact case studies database)，因此被評為 2015 年英國資訊時代 (Information Age) 50 大數據領袖。ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0347-3527>。

奠基過去，展望未來

關於 Institute for Scientific Information (ISI)

科睿唯安旗下的 Institute for Scientific Information (ISI) 半個多世紀以來一直引領著全球科學資訊的收集和整理。今天，ISI 持續致力於推動研究誠信，改善科學資訊的檢索、解讀和應用。ISI 負責維護基礎知識

和編輯嚴謹性，並以此為基礎建立 Web of Science™ 索引及其相關資訊分析和服務。ISI 透過活動、會議與出版物對外進行知識傳遞，同時進行基礎研究，讓知識庫可以持續擴展和更臻完善。更多資訊請參考：

<https://clarivate.com/zh-hant/solutions/institute-for-scientific-information/>

ISBN 978-1-8382799-3-6

封面圖片：海羽星 (Feather star) 和色彩繽紛的柳珊瑚海扇 (Gorgonian Sea Fans)

珊瑚礁是世界上最多樣化的棲息地之一，菲律賓的珊瑚礁供養著多達 3,000 種魚類以及甲殼類動物、環節動物、棘皮動物和珊瑚本身。海水溫度上升造成的白化和漁業管理不善導致的破壞正威脅著棲息地。

概要

- **多樣性意義重大、影響深遠。各類組織早已認識到，一切形式的文化多樣性都是與經濟繁榮息息相關的競爭差異化因素。**文化高度多樣的組織能更好地適應新思想、新技術以及新的社會和經濟挑戰。一切形式的研究多樣性也都充當著經濟發展的引擎，不斷激發人類的創新。研究多樣性有助於提升生態和經濟系統的穩定性、韌性和創新力。它應該在科研體系的管理規劃中得到同等的重視，並反映在國家和機構的學科分佈之中。
- **不同於追溯過往科研成就的回顧性出版物引文分析，**多樣性分析提供的是關於知識、技術和科學演化相關機會的前瞻性觀點。多樣性與應對挑戰、主動創新之間的聯繫為科研管理者提供了一個新的資訊來源，這將成為支持戰略投資規劃的重要工具。
- **研究多樣性分析飽受三大因素的困擾：跨學科性、數學複雜性以及學界對指標和方法的莫衷一是。**Web of Science 為學科多樣性提供了一個實用而穩定的全球參考基準，它利用基尼係數（Gini index）將計算簡化為根據期刊的學科分類之間的出版物數量均衡度。
- **四十多年來，Web of Science 標引的期刊從 8,000 種增長到 20,000 種，收錄的研究論文和綜述（原創論文）增加了四倍有餘，達到近 300 萬篇，但全球基準線一直保持穩定。**各個學科的出版物計數分佈原本就是不均勻的，國家原始計數也是如此。參照全球基準線對計數進行正規化處理就能實現跨年份和跨國比較。（圖 1）
- **1981 年，美國和英國的研究佈局最為均勻。**當時，其他 G7 國家的出版物更為專業化，而 BRICK 國家的出版物則最不均衡。總體來看，研究佈局的均衡度逐步提升，其中，G7 國家的基尼指數日益趨同。相似性分析表明，G7 的學科佈局趨於一致，而 BRICK 國家則轉向以技術為重心。（圖 2 和 3）
- **新冠肺炎帶來了無從預見的全球科研挑戰。**擁有多樣化科研基礎的國家以快速而全面的創新研究作出回應，但大多數專業化程度較高的國家則並非如此。巴西是一個例外，該國的科研佈局雖然略顯專一，但已預先適應了這一挑戰。（圖 4）
- **澳洲和英國機構的變化表明了多樣性水準的普遍上升。**各機構之間多樣性上升速度相近，其中，領先機構均衡度更高。澳洲機構的趨同程度高於英國，但兩國均衡度最高的機構的研究佈局處於相似的指數水準。（圖 5 和 6）

多樣性分析提供的是關於知識、技術和科學演化相關機會的前瞻性觀點。

引言

橡樹林是一個複雜的動植物網路，在該網路中，動植物的多樣性能夠提升生態系統服務，並能有力應對火災和風暴等自然事件 (Gamfeldt et al 2013)。依賴單一生產部門的單一性經濟容易受到供需變化的影響 (European Central Bank 2021)。多樣性「提供了一種促進創新、對沖無知、防止套牢和適應多元性的手段」，同時也提供了一種戰略「來建立對實現永續發展至關重要的防範能力、韌性和穩健性」 (Stirling 2007, p 715)。同樣，國家或機構在應對科學、醫學、技術和社會科學領域的挑戰或機會方面的敏捷性很可能取決於研究活動和研究能力的多樣性 (Rousseau et al 2019a)。

多樣性是甚麼？它並不等於跨學科性，儘管兩者的概念存在明顯關聯。一家研究單位可能具有跨學科研究但並不具有多樣性。然而，強大的機構多樣性可能會促進動態跨學科研究的能力 (Rafols and Meyer 2010; Wang et al 2015; Zhang et al 2016; Leydesdorff 2018; Finardi and Lamberti 2021; Hackett et al 2021; Huang et al 2021; Zhang and Leydesdorff 2021)。我們將展示各國對新冠肺炎挑戰的響應得益於多樣化的科研基礎。

多樣性是組織的一種屬性，而不是衡量其科研成果的指標。在我們評估科研影響力時，我們總是會回顧過往成果，這可能有其意義，但不一定能為決策提供依據。如果將優秀的研究成果與研究多樣性聯繫起來，我們就可以進行規劃和管理。然而，組織的研究多樣性尚未得到廣泛研究，因此，人們對多樣性與研究成果之間的關係知之甚少 (Janavi et al 2020)。許多政策舉措都一直在提倡「選擇性與卓越性」準則 (Aston and Shutt 2009)，儘管沒有什麼證據表明集中化或規

模化產生了更重要的研究 (Adams and Smith 2003)。反倒有證據顯示，綜合型大學比專業型院校更具敏捷性和韌性 (May 1997)。

在這份全球研究報告中，我們拓展了先前對國家研究佈局多樣性變化情況的研究，聚焦於平衡性或均衡性要素 (Adams et al 2020a, b)。這是一種著眼於實際應用的方法，旨在以一個簡單、實用的研究佈局多樣性指數為科研管理人員提供有用的資訊和工具。

多樣性 (diversity) 和跨學科性 (interdisciplinarity)

多樣性和跨學科性是兩個不同的概念，但科研文獻經常在不給出定義的情況下混用這兩個說法。多樣性是指幾個不同主題或學科共同出現。跨學科性則是指將多個學科彙集到創新研究中，形成一個新的科研方向。由於缺乏明確的度量標準和一致的方法，觀察者往往難以區分兩者。許多分析都使用本報告中討論的這些變數來根據中繼資料 (例如論文參考文獻所涵蓋的學科) 對論文的跨學科性進行測度，而且可能會將之等同於多樣性 (Wang et al 2015; Yegros-Yegros et al 2015)。實際上，這樣的分析可能既沒有衡量跨學科性，也沒有評估多樣性。(另見 Hackett et al 2021; Thijs et al 2021)。

科研人員對研究多樣性有何看法？

多樣性作為經濟學和生態學理論和實踐工作中的既定概念（如 Leinster and Cobbold 2012），在 Andy Stirling 教授（英國薩塞克斯大學科學政策研究部）發表其體系框架的論文後，在科學計量學中受到越來越多的關注。Stirling (2007) 指出，首先，科研體系既不是絕對的多樣化，也不是絕對的單一化：它們具有不同程度的多樣性。他描述了三個關鍵屬性：豐富性 (variety)、差異性 (disparity) 和平衡性 (balance)。豐富性是指用於對事物（物種、經濟部門或研究主題）進行分組的類別數量的多寡；差異性是這些類別之間的差距或差別大小；平衡性（或均衡性）是事物在各個類別中的分佈情況。這些屬性為測度和探索提供了途徑。

廣為人知的對多樣性構成元素進行測度的公式包括 Shannon 的熵、辛普森指數 (Simpson index)、基尼 (Gini) 係數和 Rao-Stirling 多樣性 (Rao 1982, Stirling 2007)。最近，還有學者建議將所謂的 True RS (Rao-Stirling) 多樣性 (Zhang et al 2016)、DIV (Leydesdorff et al 2019a) 和 DIV* (Rousseau 2019b; Leydesdorff et al 2019b) 作為改進方案或替代方案。這些有關研究佈局多樣性的含義和測度的近期研究引發了討論，也刺激了方法上的創新。但尚未得出一種清晰的方法供管理者直接付諸實踐、進行解釋並用於決策。

要想得到資訊豐富的分析，就需要

利用參考點，因為多樣性不是絕對值，而是需要進行對等的同行間橫向比較或跨時間縱向比較。我們根據先前的研究開發了一種簡單的方法，借助一個簡單而強大的分類參考系統來降低測度的複雜性，該系統可將豐富性和差異性簡化為常數。我們只關注科研出版物在學科層面的分佈均衡性或平衡性。機構資料庫和全球資料庫已經有現成的相關資料。這種方法傾向於進行簡單而直觀的比較，因此繞過了測度和應用中的一系列理論選擇 — 這些選擇即便值得探討，那也是從學術角度而言，而不是從管理或政策角度而言。

均衡度和多樣性全球指數

我們以 Web of Science 核心合輯作為多樣性評估的起點。該資料庫在全球遴選出約 2 萬種學術期刊，收錄工作歷經數十年，文獻的選取旨在合理反映各學科和各地區的科研活動。它提供了一個全球背景，顯示出各研究領域之間系統性平衡關係的長期演變和當前現狀，同時也提供了統一一致的參照點或基準線，可供我們據以探究國家層面的異同點。

我們先量化考察 Web of Science 全球整體背景下科研平衡的長期發展

趨勢，然後再描述並比較國家層面的總體趨勢。

我們的分析使用了 Web of Science 的三大引文索引：科學引文索引 (SCIE™)；社會科學引文索引 (SSCI™)；以及藝術與人文引文索引 (AHCI™)。Emerging Sources Citation Index (ESCI™) 則並未囊括在內。Web of Science 學科能以充分而合理的細微性反映涵蓋全部研究領域的 254 個學科內研究活動的變化。收錄標準之一是期刊英文標題

和摘要，這一語種限制意味著藝術、人文以及許多社會科學學科中更具「民族性」的研究領域將無法提供全球可比性。然而，如果壓縮至 194 個科學與技術相關的學科，得出的結果卻與使用 248 個學科（舞蹈、詩歌和四個地域文學的學科始終予以忽略）相差無幾。因此我們採用了更大的集合。

要想得到高品質的多樣性指數，分類體系的選擇是關鍵所在 — Web of Science 學科分類幾十年來久經研究者的考驗。

多樣性可以根據豐富性 (variety)、差異性 (disparity) 以及平衡性 (balance) 或均衡性 (evenness) 來計算。就 Web of Science 而言，基於期刊的學科的豐富性在整個分析週期內是穩定一致的，並且對於所有子樣本都是相同的。要想得到高品質的多元性指數，分類體系的選擇是關鍵所在 — Web of Science 學科分類幾十年來久經研究者的考驗，成為合適的選擇。

學科間的差異性固然會隨期刊增刪而變化，但這種變化十分緩慢，而且發生方式對所有分析物件而言都是統一的。因此，我們可以簡化分析內容，根據 248 個學科，只關注出版物在每個學科中出現的相對頻率 (計數的均衡度)。在本分析中，我們只使用了實質性、原創性的學術出版物，這些出版物被認定為研究論文和綜述 (review article)，並統稱為「論文」。

研究涵蓋的時間跨度為 1981 至 2018 的 38 年，在此期間，科研出版物及對其的標引在全球範圍不斷增長，因此所有的全球和國家論文

計數均已換算成相應年份的年度總數占比。請注意我們對位址或者期刊沒有使用分數計數法。如果論文中至少有一個作者位址來自某國，那麼該論文就會歸入該國的總計數，如果發表論文的期刊被劃分到某一學科，則論文作為全計數 (whole count) 計入該學科的總數。

某一國或某一機構的多樣性指數 (或其組成部分) 的具體數值本身並不承載實用資訊。有用的管理政策資訊是來自指數變化軌跡的跨時間比較或國家間比較。

我們的首選指數以 Henk Moed (Moed 2006) 的方法為指導，他使用了普拉特指數 (Pratt Index, Pratt 1997; Egghe 1987) 來比較不同大學的出版物組合。普拉特指數是基尼係數的一個變化，有著相似的算術值 (Carpenter 1979)。兩個指數都反映學科專業化程度，即表明 (某國或某機構的) 出版物組合是高度專業化 (指數值高表示出版物組合專業性強、缺乏平衡性和均衡度) 還是跨學科均勻分佈 (指數值低表示分佈均勻)。

基尼係數 (Gini coefficient)

基尼係數又稱基尼指數或基尼比，是一項原本用於反映收入或財富不平等的統計離差指標，開發者是義大利人 Corrado Gini (Gini, 1909)。該係數衡量的是頻率分佈值之間的不均等 (例如各學科中的出版物數量)。基尼係數為零表示完全均等，即所有值都相同 (例如，每個學科都有相同數量或比例的論文)。基尼係數為 1 (或 100%) 則表示數值間呈最大的不均等。也就是說，如果多數論文集在少數幾個學科，而其他所有學科僅有寥寥幾篇論文，那麼基尼係數就會接近 1。

Web of Science 學科出版物計數先天就是不均衡的（學科類別必然有總量規模之別），所以參照全球基準線對任一分析物件的絕對計數進行「正規化」能為我們提供有用資訊。因此，任何一國的研究多樣性都包含兩個可能承載著有用資訊的組成部分：

- 符合全球科研基礎的科研選擇，根據各個學科中原有出版物數量的比例來計算。

- 具有國別性的科研選擇，由資源和政策因素決定，對原有出版物比例進行正規化處理，即通過與全球比例相比較來計算。

為計算論文的全球均衡度，年度論文（研究論文和綜述）總數要按學科和年份統計。論文是根據期刊的學科歸屬和各期刊的論文發表數量分散於不同學科。因此，我們認為論文並不會「均勻」分佈。問題在於，一個特定樣本的分佈集中度是高於還是低於全球「零模型」。具

體國家（或學術機構或其他分析物件）的出版物均衡度與全球基準線之間的關係是這樣計算的：先算出各個學科中某個國家和全球論文之間的比率，再除以同年份該國論文總量與全球論文總量的比率。

關於年度論文及學科論文的計數、參照全球基準線進行正規化以及後續計算基尼係數的方法，Adams 等人（2020a）已有詳論，此處不再贅述。

通過學科均衡度計算全球多樣性基準線

1981 年，Web of Science 有 614,608 篇研究論文和綜述（學術論文）。後來，年度論文數在 1994 年突破一百萬，2011 年又突破兩百萬，在 2020 年更達到 2,622,355 篇。該資料庫中，工程與技術論文占比從 1981 年的 8.4% 擴展到 17.1%（最大的相對增長是在奈米科學領域）、環境科學從 5.1% 擴展到 8.6%，數學科學則從 3.2% 擴展到 4.1%。臨床科學和生物科學的占比則相對下降，前者從 22.3% 降至 18.3%，且以普通內科學下降最為顯著，後者則從 20.7% 降至 14.8%。我們可以用洛倫茲曲線形象呈現變化中的年度多樣性（如 Adams et al

2020a：該文圖 3 所示），但這寶貴的「第一印象」卻不具備分析價值，它的說明作用因跨越過多的年份和/或國家而喪失殆盡。因此，要想展開大規模或複雜的比較分析，就有必要採用基尼係數一類的綜合指數。

鑒於每年有數百萬篇論文散佈在 248 個學科，不難想見通過基尼係數反映出的變化是微小的。全球均衡度從 1981 年到 2008 年略有上升，此後進入平穩期。最近，這一指標可能已重新向「專業化」偏移，但這個折點所代表的意義還有待日後重估。在論文數量擴大四倍有餘的時間背景下，這種穩定性印證了 Web of Science 資料庫的均衡性及其作

為多樣性分析參考點的價值。這一事實在圖 1 中顯示為參考基準線。

如前文所述，全球總體模式是各國的種種變化綜合而成的結果，這些變化本身則是地方和機構決策的結合體，背後的驅動因素在於學科中的科研機會和科研重點的變化。此外，均衡度指數並不是動態變化指標：同一指數值可以由多種跨學科計數組合得出。考察具體的分析物件時，我們會結合全球總體背景，儘管我們可能認為出版物組合的非專業化趨向是所有國家和機構的一個共同要素，但實際上我們並不知曉出版物組合基本分佈曲線的波峰和波谷已經發生的變化是多少。

參照全球基準對國家資料進行正規化

現在我們可以利用 Web of Science 全球基準線以及自 1981 年以來歷年保持不變的學科集合在標準化的基礎上計算國家出版物組合均衡度。我們將各個國家的相對論文數與全球基準線相比較，即一個國家的各學科論文數年度占比與對應的全球占比之間進行正規化計算。

為了理解全球模式與國家模式之間的差異以及正規化產生的效果，我們先將原始論文計數與這些計數經過正規化之後的分析結果相比較。

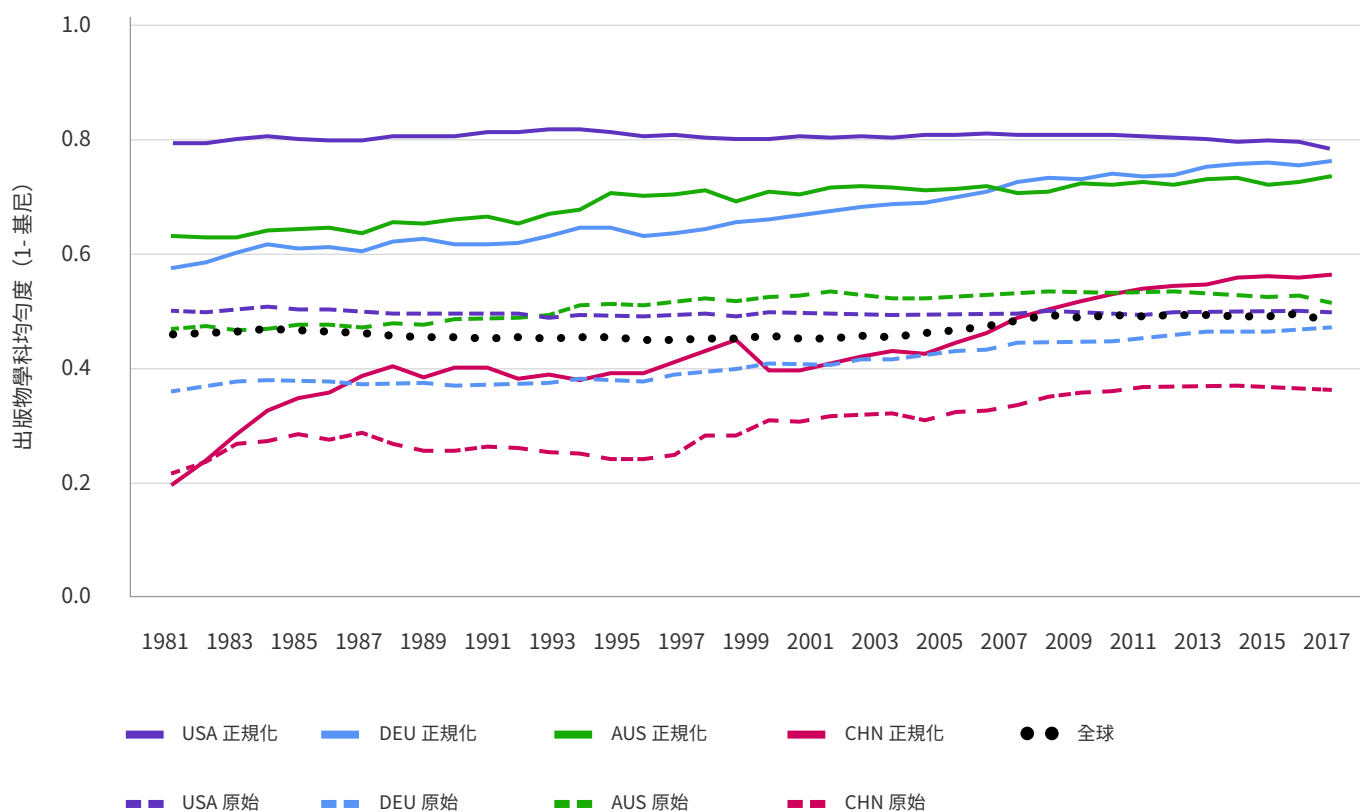
我們選擇了分散在全球不同地區的四個國家 / 地區：美國，作為 1981 年的論文出版主力國入選；德國，作為歐盟區國家入選；澳洲，作為

已建立起全球聯繫的成熟經濟體入選；中國大陸，作為分析期內崛起的新興研究經濟體入選。（圖 1）

正規化資料揭示出，這四個國家 / 地區的出版物均衡度都高於根據原始論文計數得出的均衡度指數。

圖 1：

美國 (USA)、德國 (DEU)、澳洲 (AUS) 和中國大陸 (CHN) 1981 至 2018 年出版物組合均衡度。資料在 248 個 Web of Science 學科中通過基尼係數實現指數化，顯示為 (1- 基尼)。可以在全球基準線、根據按學科劃分的原始論文計數得出的指數值曲線 (虛線) 以及參照全球基準線對原始計數進行正規化後的數值曲線 (實線) 之間進行比較。



* 所有圖示中的國家 / 地區名稱縮寫均使用 ISO 3166-1 alpha-3 代碼

這是因為不同學科在範疇和數量規模上有著內在差異。美國論文數原始資料的基尼指數呈現出與全球平均水準相近的趨勢和數值，這反映出美國科研體系的主導地位和強大影響。但是，當資料經過正規化後，首先凸顯出的一點就是美國的出版物組合均衡度高於全球平均水準，其次可以看出，該組合在分析期內專業化程度略有上升（即 1990 年後出版物均衡度有所下降）。Web of Science 索引中，德國科研產出的均衡度在整個分析期內穩步上升，到

2015 年已接近美國的指數值水準。應當注意的是，儘管用原始資料計算時德國研究佈局的均衡度不及澳洲，但從正規化資料來看，德國則變得更為均勻。根據原始資料得出的澳洲均衡度似乎變化緩慢，而正規化指數則揭示出該國在 1990 年代初明顯邁上了一個新臺階，這很可能是道金斯高等教育改革（Dawkins 1988）所引發的反應。中國大陸的原始資料曲線和正規化曲線也呈現相似的軌跡，但正規化資料所揭示的變化要遠大於原始資料，到分析

期末尾，中國大陸的均衡度已接近另外三國。

我們比較了分別從原始和正規化論文計數得出的均衡度指數值，以表明使用參考基準線的重要性，但從實用角度而言，與全球基準之間的比較結果才最能說明相對專業化程度和均衡度。因此，本文其餘部分的分析均基於經過正規化的國家和機構出版物資料，正規化計算是參照對應的全球各學科論文數進行的。

科研均衡性、多樣性和相似性的全球趨勢

本分析使用了兩組國家的資料：G7 和 BRICK。1981 年，G7 集團的發達科研經濟體（加拿大、法國、德國、義大利、日本、英國和美國）在全球研究基礎中居主導地位，占 Web of Science 當時收錄的全部論文的 70% 左右。而到 2018 年，情況則已然改變，這些國家在 Web of Science 論文中的占比已不足一半。目前為止，美國是全球最大的經濟體，其研發投入自 1945 年起始終維持在較高水準，然而，該國在全球

科研產出中所占的份額卻從 1981 年壓倒性的 36% 下降到 2018 年的略超 25%。

全球研究多樣性（而非數量）的變化或許很大程度上要歸因於 BRICK 經濟體（巴西、俄羅斯、印度、中

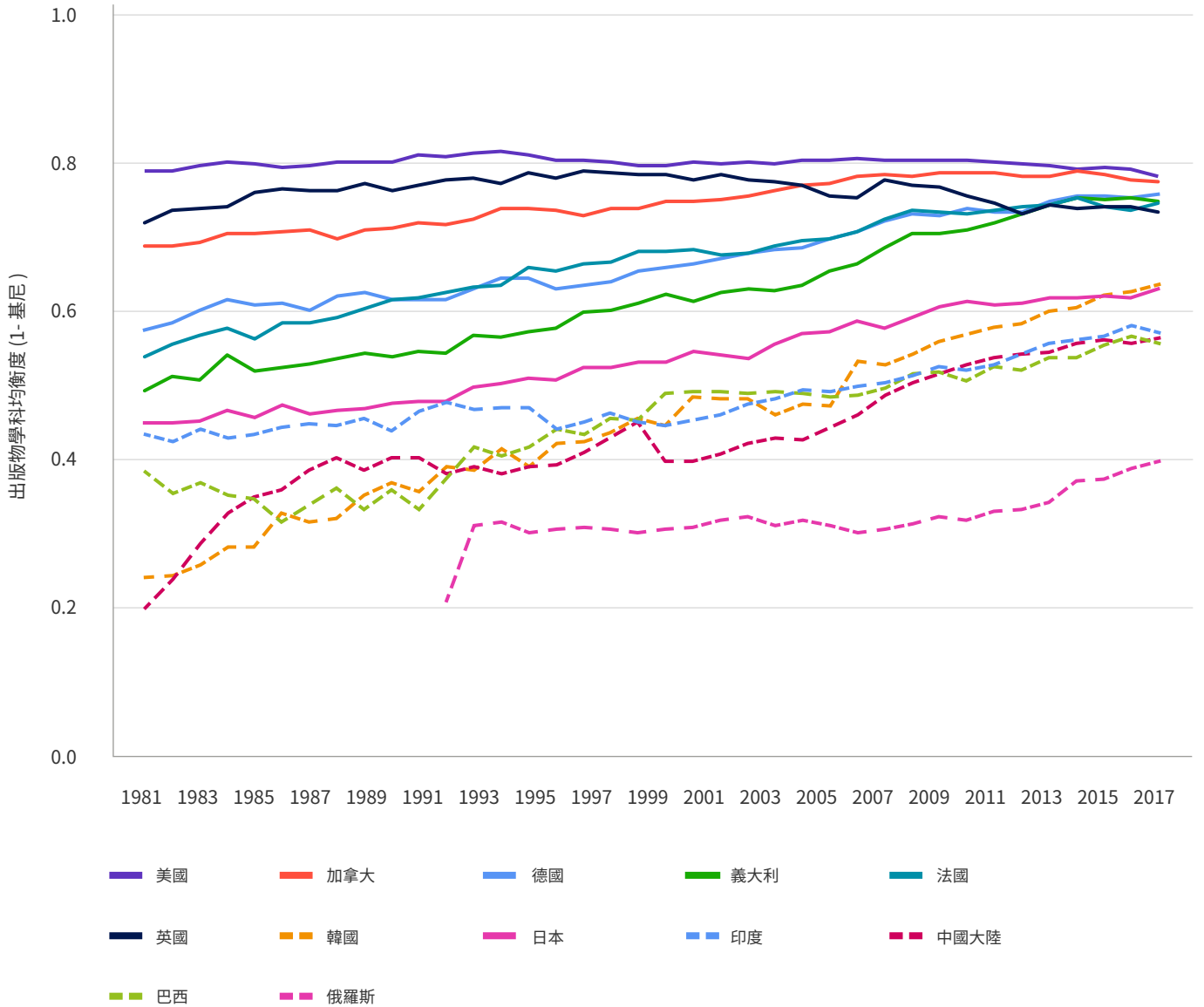
國大陸和韓國）和其他亞洲國家的崛起（Adams and Wilsdon 2006；Bound et al 2013）。1980 年代，其他國家的公共部門科研經濟體在規模和發達程度上遠不及 G7；但如今，中國大陸大有取代美國、成為科研產出頭號大國的態勢。因此，過去 40 年裡，BRICKs 在科研增長和科研管理方面與 G7 形成了資訊豐富的對比。（圖 2）

毫無疑問，論文在各個學科類別中分佈日趨均衡幾乎是各國的普遍趨勢。分析表明，G7 中的英語國家（美國、英國和加拿大）在 1980 年代擁有分佈最均衡的出版物組合，而其歐盟的合作夥伴（法國、德國和義大利）的研究產出也已經發生變化趨於與之匹配。

毫無疑問，論文在各個學科類別中分佈日趨均衡幾乎是各國的普遍趨勢。

圖 2：

G7（實線）和 BRICK（虛線）國家集團的出版物組合均衡度（1981-2018 年），通過出版資料的基尼係數實現測度。該指數根據 248 個 Web of Science 學科的國家論文數計算得出，並將原始計數按年份和學科參照全球基準線進行歸一化處理，顯示為 (1- 基尼)。



這可能反映出從國家研究出版物到「國際」英語期刊的遷移以及國際科研合作的普遍增加。只有美國和英國的選擇性有所提高，它們是 1981 年均衡度最高的兩個國家，因此，G7 集團國家的均衡度似乎趨於一致，並有可能穩定在相似的水準上（約為 1- 基尼 = 0.8），只有日本落後於這一趨勢。英國的多樣性水

準呈鋸齒狀下降，這十分引人關注，可能是受該國評估體系的影響。

1981 年研究佈局多樣化程度最低的國家 / 地區是中國大陸和韓國，兩者的均衡度此後均逐步提升。韓國在均衡度方面已經超過日本，有向 G7 靠攏之勢。印度在均衡度方面與日本相似，但它 40 年來幾乎

沒有什麼發展，而巴西的均衡橫度水準到 2000 年為止一直起伏劇烈，此後則變化不大。巴西、中國大陸和印度在多樣性水準上彼此趨近，但專業化程度高於 G7（約 1- 基尼 = 0.5）。

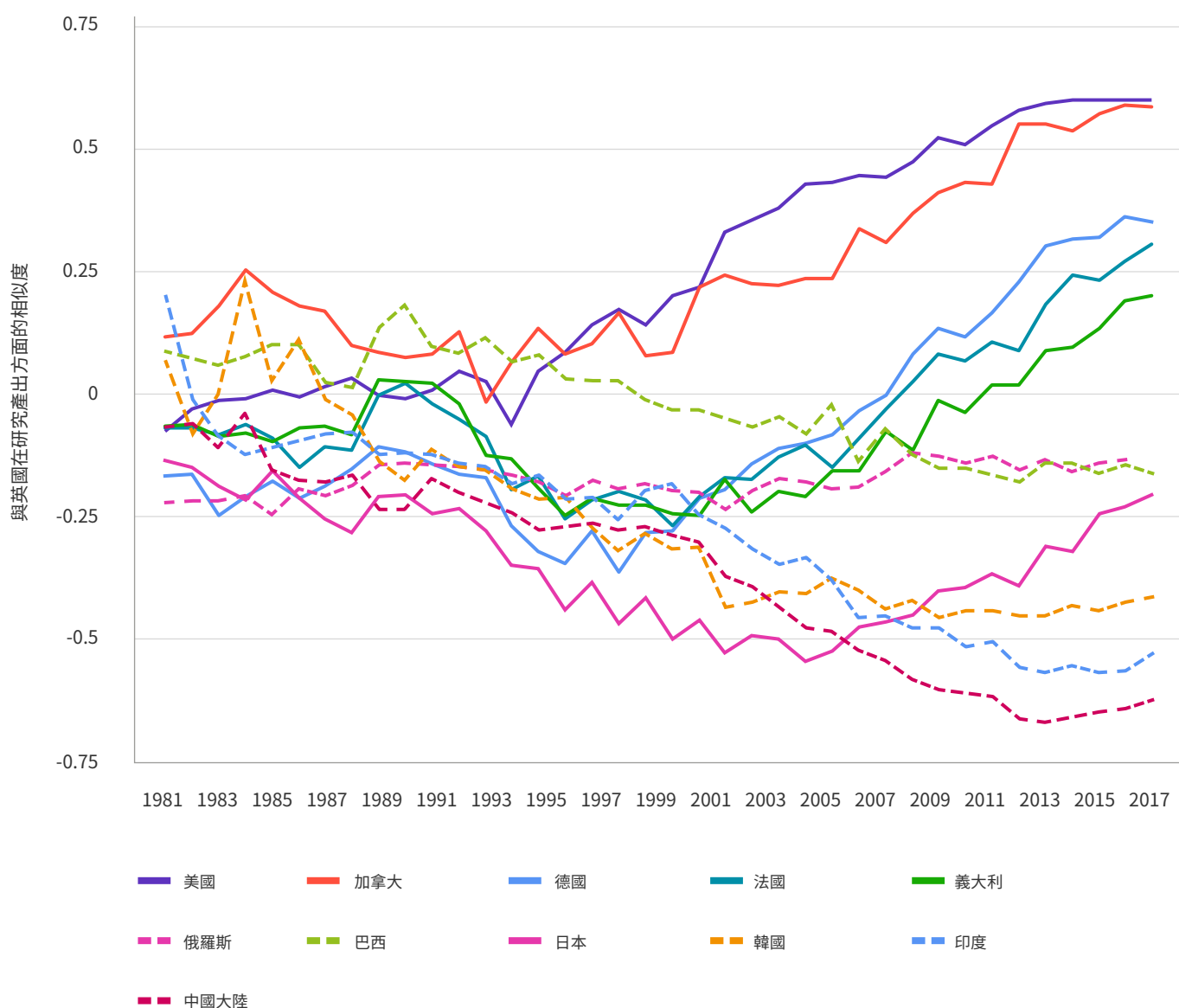
同一個指數值（如基尼係數）可以由多組資料點得出，因此，兩個國家即便均衡度指數相同，數值背後的實際分佈情況也可能相異。但我們可以測試這些分佈情況的相似性，看它們是如何隨時間的推移趨於一致的。顯示這些分佈情況就必定會產生許多線條（每一種分佈情形都是一組成對出現的相似性長期變化

軌跡），因此在這裡我們將分佈情況的呈現方式簡化成一個單一示例，並選擇英國作為圖表的焦點。該分析僅表明了英國與另一國家 / 地區在 Web of Science 學科論文計數上的年度相關性。（圖 3）

英國的研究佈局自 1981 年以來越發接近其主要的 G7 合作夥伴，但

在 2000 年以前，英國與其歐盟合作夥伴的相似性有些下降。英國與 BRICK 集團的相似性也在同期下滑，這表明其科研產出的均衡性上的差異（圖 3）反映出了它們在研究重點上的日漸差異。

圖 3： Web of Science 學科中英國年度科研產出占比分佈情況與 G7 集團、BRICK 集團國家 / 地區年度產出占比分佈情況之間的相關性。



多樣性和科研回應

研究基礎更均衡的國家，尤其是美國、德國和英國，往往能支持對更廣泛的新冠肺炎相關主題做出回應。

經濟學和生態學的證據表明，多樣性可以帶來諸多益處，尤其是在彈性和回應能力方面。新型冠狀病毒肺炎引發的全球大流行無疑是對國家科研基礎及其對公民需求回應能力的一次最嚴峻挑戰。因此，問題在於現有資料是否有助於我們瞭解科研回應與事件發生前的研究多樣性之間的關係。

我們的學科多樣性衡量方法採用了既定的 Web of Science 學科 — 但它不宜用於分析新冠肺炎相關研究。疫情期間湧現出許多旨在解決社會、經濟和衛生問題的創新科研課題，這些課題往往廣泛借鑒了眾多學科的研究成果，但並不符合傳統學科分類。因此，我們轉而通過主題建模來創建新冠肺炎研究的專用分類體系，該體系能識別出著眼於新冠肺炎相關的科研主題（另見 Adams et al 2020b）。

我們通過在標題、摘要和關鍵字中檢索 2019-nCoV、COVID-19、SARS-COV-2、novel coronavirus 等術語，檢索到了 67,756 篇收錄在 Web of Science 中且發表於 2020-2021 年的新冠肺炎相關論文（研究論文或綜述）。

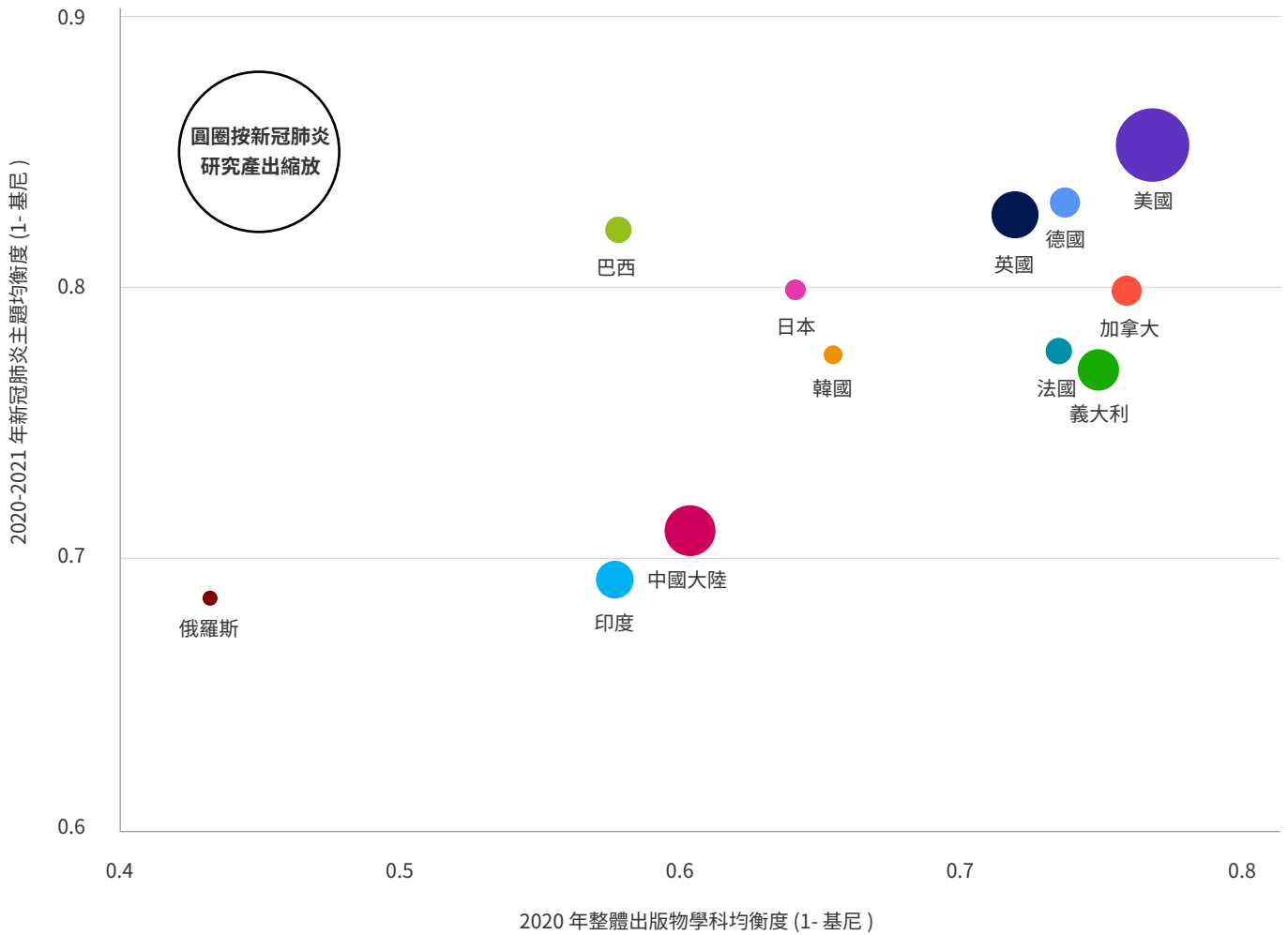
我們使用這些論文的標題和摘要文本創建了一個包含 40 個主題的主題

模型，涵蓋臨床實踐、分子生物學、病毒學、免疫學、流行病學、線上學習、心理健康、糧食安全、經濟學、危機管理、環境影響等領域。然後，我們用該模型根據每個主題產生的論文數量來描述國家概況，揭示回應範圍並提供比較機制。對於每個國家，每個主題的相對論文數（即每個主題中該國作者的論文數除以該主題論文總數）用於計算基尼係數，從而測度相對均衡度（1-基尼）。

我們現在可以將 2020 年每個國家研究基礎的均衡度（圖 2）與該國新冠肺炎研究的均衡度（圖 4）進行比較。研究基礎更均衡的國家，尤其是美國、德國和英國，往往能夠對更廣泛的新冠肺炎相關主題做出回應。與印度和中國大陸相比，巴西新冠肺炎論文的均衡度相對較高，儘管這三者的研究佈局均衡度水準是相似的。三者核心臨床課題上都有大量產出，但巴西發表的新冠肺炎研究還涉及一些在印度和中國大陸的研究佈局中都不太突出的領域，例如線上學習、經濟學和數位媒體。俄羅斯的整體研究組合均衡度明顯低得多，但在新冠肺炎科研產出的主題均衡度方面與印度和中國大陸相似。

圖 4：

圖 2 所示的 G7 和 BRICK 國家 2020 年國家整體出版物均衡度與新冠肺炎相關出版物均衡度之間的比較。圖中圓圈根據新冠肺炎研究產出進行縮放（例如，美國 18,578，中國大陸 9,171，巴西 2,397，韓國 1,213）。



對當前新冠肺炎大流行科研回應資料的初步分析表明，多樣化的研究基礎的確有利於實現更全面的回應。

機構科研均衡度和多樣性趨勢

最具資訊量的分析
就是對科研機構進
行較長時間跨度的
同行比較。

Web of Science 資料提供了有效、穩定的基準和原始資料，可用以整理和分析任何國家 / 地區的出版物資料，從而跨時間或跨國界評估比較它們的研究布局均衡度，以此作為其研究多樣性指標（圖 2）。對當前新冠肺炎大流行科研回應資料的初步分析表明，多樣化的研究基礎的確有利於實現更全面的回應（圖 4）。

如果研究多樣性是有益的，那麼科研管理人員自然想瞭解本機構的研究布局是如何形成的，以便有意識地促進研究布局多樣化。潛在的比較點包括：全球基準、國家「平均值」、與同行競爭對手的比較以及機構自身的時間表。

全球基準對於標準規範化是不可避免的，但對解讀指標卻幫助不大。正如 Andy Stirling (2007) 所指出，多樣性只論程度，不論有無，因此多樣性不存在優劣之分的門檻值。

國家概述曲線也不一定是合適的參考點。前幾節描述的國家曲線並非反映機構平均水準，而是眾多不同的機構的研究產出彙集起來、整合成一個國家綜合資料集所產生的結果。這意味著國家曲線是一個有意義的參考點，但具體機構的表現都有可能比國家總體水準的專業化程度更高或者均衡度更低。

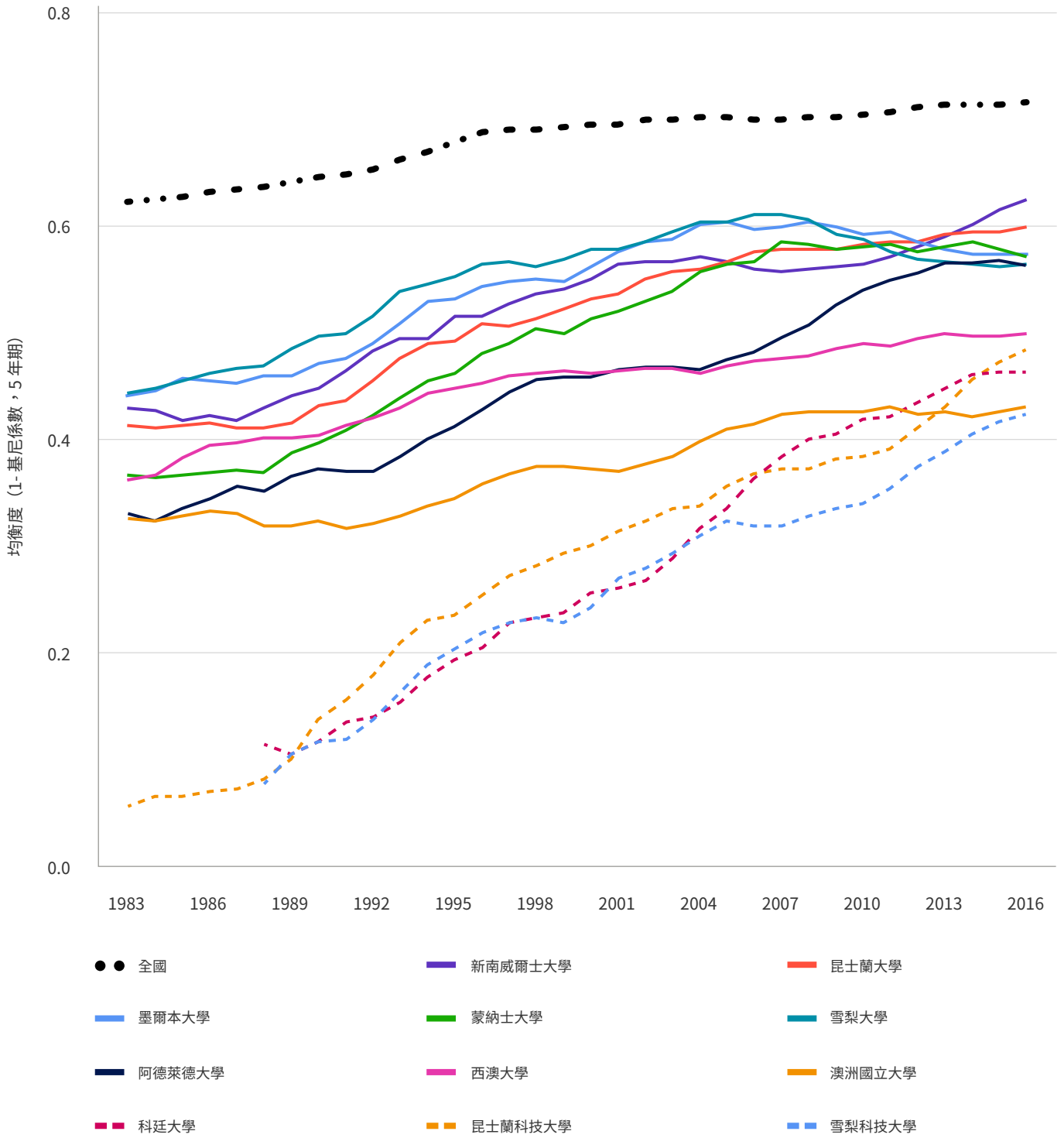
因此，最具資訊量的分析就是對科研機構進行較長時間跨度的同行比較。我們分析了澳洲（圖 7）和英國（圖 8）多所大學的出版資料。選擇圖中所示大學是因為它們在歷史、投資和使命方面各具代表性，而且大多都是相對綜合型的大學。我們沒有選擇更便於相互間比較的專業院校，如專業藝術機構。兩圖都包含了國家總體曲線，以證明國家曲線不是各組成部分的平均值。

澳洲的研究樣本包括八大名校聯盟（Group of 8, Go8, 1981 年已享有盛譽）以及三所較年輕的院校。進入 21 世紀頭 10 年，大多數 Go8 的多樣性都有所提升（從 1- 基尼約為 0.4），但在過去十年裡，多樣性水準最高的幾個成員似乎轉向了專業化程度較高的研究布局。基尼係數達到 0.4（1- 基尼略小於 0.6）時，均衡度似乎也趨於平穩，這與全國趨勢相仿，但數值未達全國水準（圖 4）。阿德萊德大學的多樣性水準在 1980 年代從較低的起點迅速上升，達到聯盟主流水準後便趨於平穩。

這條軌跡有兩個例外，那就是西澳大學和澳洲國立大學，前者與國家曲線平行，經過 1990 年代的變化後便相對保持不變，後者的多樣性水準遠低於 Go8 的其他成員。（圖 5）

圖 5：

澳洲高等教育機構的科研出版物多樣性（通過 Web of Science 學科出版物計數的基尼係數形成均衡度指數）。



從本次分析選取的三個樣本大學可以清楚地看到新一代院校的崛起和發展。最初，它們的研究佈局相當集中，此後多樣性水準以大致相同的速度提升，到 2010 年代末達到相似水準。

英國體系的演變與澳洲有許多共通之處。排名等級基本保持不變，但也有一些值得注意的例外，且新興院校的多樣性大幅提高。過去幾年似乎出現了多樣性不變（1-基尼=0.6）和一些下降的情況。（圖 6）

尤為感興趣的院校包括倫敦國王學院，其多樣性略有下降。不過，學院在 1990 年代吸收了幾家倫敦大型醫療機構，這或許改變了其科研活動的平衡性。艾希特大學的多樣性超過了萊斯特大學，其多樣性的相

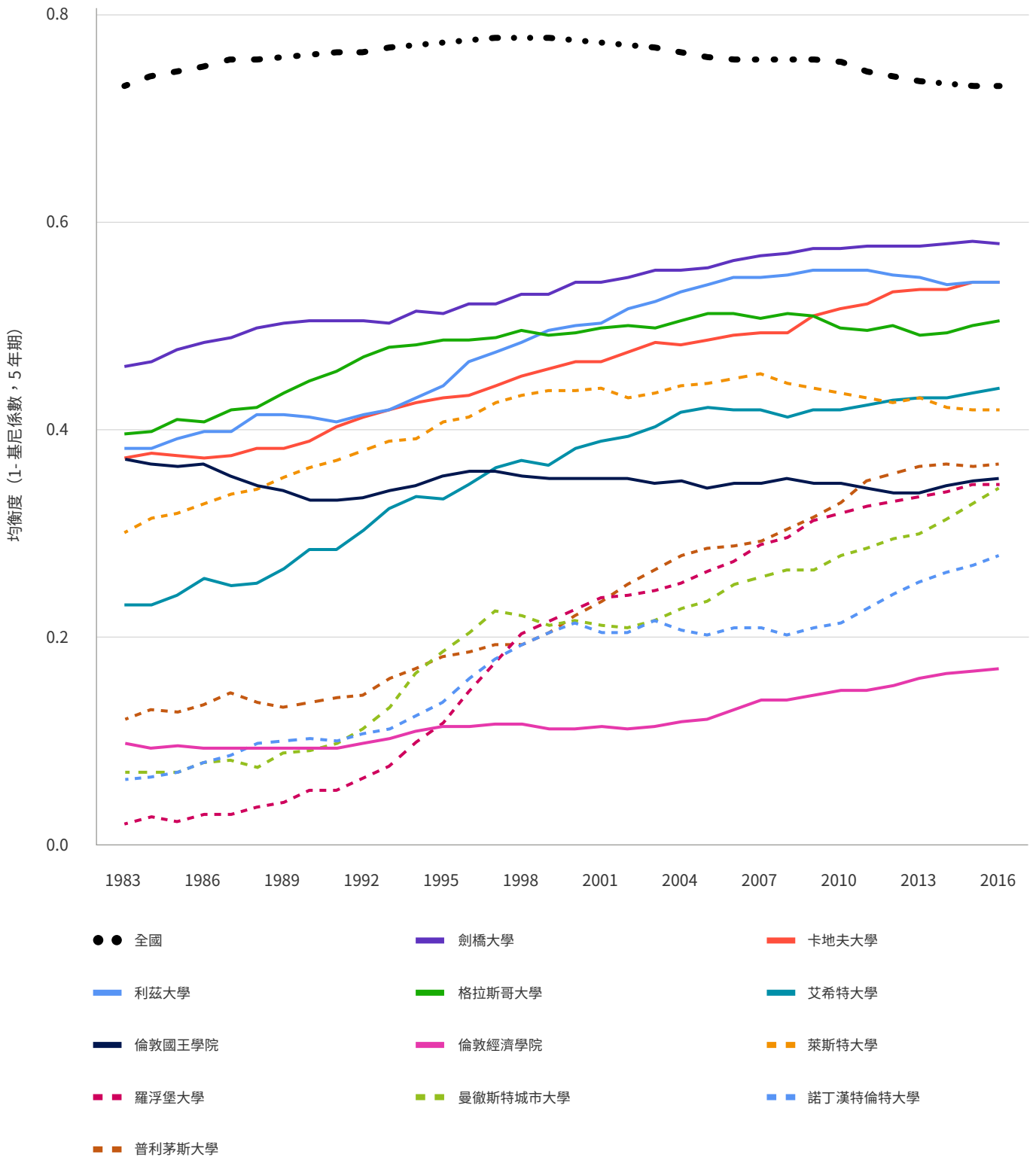
對變化也體現了戰略變革，因為該院校通過國際合作夥伴關係關注多樣性，從而擴大和加強其研究佈局，並發展創新的跨學科能力。1990 年代，羅浮堡大學的多樣性大有提升，這同樣是管理層富有洞見地回應了國家研究資助政策所帶來的變化。倫敦經濟學院的排名也證實了該指數的判斷性，因為這家著名專業院校擁有適當的專業化程度較高的研究佈局。

在這一時期之末，英國各院校之間的多樣性差距仍大於澳洲，一些規模相對較大的英國高校在學科多樣性上仍不及澳洲院校。因此，結果既呈現出共同的趨勢，又具有鮮明的國家特色。

英國體系的演變與澳洲有許多共通之處。排名等級基本保持不變，但也有一些值得關注的例外，而且新興院校在多樣性方面也大有提升。

圖 6：

英國高等教育機構的科研出版物多樣性（通過 Web of Science 學科出版物計數的基尼係數形成均衡度指數）。



討論和結論

我們已經展示了如何參照 Web of Science 穩定而全面的全球資料庫，利用現成可用的資料開發出簡明的研究佈局活動均衡度指數。均衡性是多樣性的一大關鍵構成要素，在該資料庫中，其他關鍵要素（豐富性和差異性）是恆定的。對於大多數研究人員和管理人員來說，出版物資料的多樣性是一種熟悉且直觀的多樣性信號，對應於他們日常看到和使用的資訊。

該指數依託於廣為人知的基尼係數，可迅速提供國家和機構資訊，便於在較長時間跨度上對不同的分析物件快速進行目測比較。這些比較能夠立即提供有用資訊，並幫助易於理解這些物件的其他相關資訊，還能揭示多樣性變化的新特徵以及用

來證實其他假設。生成均衡度指數的資料還可以用於比較科研相似性，並就不斷演變的研究佈局揭示出進一步的資訊。

然而，如果測度多樣性指數孤立於科研績效的其他方面，它就只能是一項極其「小眾」的指標。新冠肺炎主題分析向我們展示了科研基礎更為多元的國家是如何更全面地應對前所未有的科學挑戰的。多樣性可以在意想不到的跨學科情境下提供知識重組的靈活性和範圍。

近期許多研究聲稱，跨學科研究能力與科研成果的品質之間存在關聯。如果多樣性確實有助於培養跨學科能力，而跨學科能力似乎又是許多創新科研專案的一大特徵，那麼本

文中分析的機構和其他機構應該會立即對這些趨勢和比較產生興趣。如果多樣性與回應能力有關，那麼這也是國家政策層面一個重要的戰略考量因素。顯然，在國家體系之間的比較和異同上，還有更多領域有待探索。

多樣性計算所使用的參考資料將由我們的諮詢團隊負責提供，他們還可以就如何以最佳方式展開資訊豐富的比較提供建議。文獻計量資料作為跟蹤過往績效和成果的工具已得到充分探索。理解和評估多樣性可能不僅對科研組織而言是一項實用的前瞻性指標，還有望成為管理人員預測和防範意外情況、部署有效回應措施的關鍵工具。

多樣性可以在意想不到的跨學科情境下提供知識重組的靈活性和範圍。

參考文獻

- Adams, J., Rogers, G., Smart, W., & Szomszor, M. (2020a). Longitudinal variation in national research publication portfolios: Steps required to index balance and evenness. *Quantitative Science Studies*, 1(3), 1182–1202. https://doi.org/10.1162/qss_a_00073
- Adams, J., Rogers, G., & Szomszor, M. (2020b). *The Annual G20 Scorecard – Research Performance 2020*. Clarivate Global Research Report. ISBN 978-1-8382799-0-5
- Adams J., & Smith D. (2003). Funding research diversity. A report to Universities UK, pp 114. ISBN 1 84036 103 4. <http://www.universitiesuk.ac.uk/Publications/Pages/Publication-196.aspx>
- Aston, I., & Shutt, E. (2009). Concentration and diversity: understanding the relationship between excellence, concentration and critical mass in UK research. University Alliance, research paper 2009/01. ISBN 978-1-908190-04-8. https://www.unialliance.ac.uk/wp-content/uploads/2011/05/Publication_Research_Concentration_and_Diversity.pdf
- Carpenter, M. P. (1979). Similarity of Pratt's measure of class concentration to the Gini index. *Journal of the American Society for Information Science*, 30(2), 108–110. <https://doi.org/10.1002/asi.4630300210>
- Dawkins, J. S. (1988) *Higher Education: a policy statement*, 170 pp. Canberra, Australian Government Publishing Service. ISBN 0 644 08300 X
- European Central Bank. (2021). Economic diversity. <https://www.ecb.europa.eu/mopo/eaec/diversity/html/index.en.html>
- Finardi, U., & Lamberti, C. (2021). Diversity and interdisciplinarity in nanoscience and nanotechnology: a time-related analysis of the subject category. *Journal of Nanoparticle Research*, 23(1): article number 7. <https://doi.org/10.1007/s11051-020-05119-8>
- Gamfeldt, L., Snäll, T., Bagchi, R. et al. (2013). Higher levels of multiple ecosystem services are found in forests with more tree species. *Nature Communications*, 4, 1340. <https://doi.org/10.1038/ncomms2328>
- Gini, C. (1909). Il diverso accrescimento delle classi sociali e la concentrazione della ricchezza. *Giornale degli Economisti*, 11, 37.
- Hackett, E.J., Leahey, E., Parker, J.N., Rafols, I., Hampton, S.E., Corte, U., Chavarro, D., Drake, J.M., Penders, B., Sheble, L., Vermeulen, N. and Vision, N.J. (2021). Do synthesis centers synthesize? A semantic analysis of topical diversity in research. *Research Policy*, 50(1), 104069. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2020.104069>.
- Huang, Y., Glänzel, W., Thijs, B., Porter, A. L., & Zhang, L. (2021). The comparison of various similarity measurement approaches on interdisciplinary indicators. Working Papers of the Department of Management, Strategy and Innovation, Leuven 670612, KU Leuven, Faculty of Economics and Business (FEB), Department of Management, Strategy and Innovation, Leuven. <https://lirias.kuleuven.be/3394973?limo=0>
- Janavi, E., Mansourzadeh, M.J., & Samandar Ali Eshtehardi, M. (2020). A methodology for developing scientific diversification strategy of countries. *Scientometrics*, 125, 2229–2264. <https://doi.org/10.1007/s11192-020-03685-1>
- Leinster, T. and Cobbold, C.A. (2012). Measuring diversity: the importance of species similarity. *Ecology*, 93, 477–489. <https://doi.org/10.1890/10-2402.1>
- Leydesdorff, L. (2018). Diversity and interdisciplinarity: How can one distinguish and recombine disparity, variety, and balance? *Scientometrics*, 116(3): 2113–2121. <https://doi.org/10.1007/s11192-018-2810-y>
- Leydesdorff, L., Wagner, C. S., & Bornmann, L. (2019a). Interdisciplinarity as diversity in citation patterns among journals: Rao-Stirling diversity, relative variety, and the Gini coefficient. *Journal of Informetrics*, 13(1), 255–269. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2018.12.006>
- Leydesdorff, L., Wagner, C. S., & Bornmann, L. (2019b). Diversity measurement: Steps towards the measurement of interdisciplinarity? *Journal of Informetrics*, 13(3), 904–905. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2019.03.016>
- Lorenz, M. O. (1905). Methods of measuring the concentration of wealth. *Quarterly Publications of the American Statistical Association*, 9(70), 209–219.
- May, R.M. (1997). The scientific wealth of nations. *Science*, 275, 793–796.
- Moed, H. F. (2006). Bibliometric ranking of world universities. CWTS Report 2006-01, pages 1–36.
- Nijssen, D., Rousseau, R. and Hecke, P. van. (1998). The Lorenz curve: a graphical representation of evenness. *Coenoses*, 13(1), 33–38.
- Rafols, I., & Meyer, M. (2010). Diversity and network coherence as indicators of interdisciplinarity: Case studies in bionanoscience. *Scientometrics*, 82(2), 263–287. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0041-y>
- Rao, C. R. (1982). Diversity: Its measurement, decomposition, apportionment and analysis. *Sankhyā: The Indian Journal of Statistics, Series A*, 44(1), 1–22.
- Rousseau, R., Van Hecke, P., Nijssen, D., & Bogaert, J. (1999). The relationship between diversity profiles, evenness and species richness based on partial ordering. *Environmental and Ecological Statistics*, 6(2), 211–223. <https://doi.org/10.1023/A:1009626406418>
- Rousseau, R., Zhang, L., & Hu. X. (2019a). Knowledge integration: Its meaning and measurement. In Glänzel, W., Moed, H. F., Schmoch, U., & Thelwall, M. (eds.) *Springer Handbook of Science and Technology Indicators*. Cham, Switzerland: Springer, pp. 69–94.
- Rousseau, R. (2019b). On the Leydesdorff-Wagner-Bornmann proposal for diversity measurement. *Journal of Informetrics*, 13(3), 906–907. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2019.03.015>
- Stirling, A. (2007). A general framework for analysing diversity in science, technology and society. *Interface, a Journal of the Royal Society*, 4, 707–719. doi: 10.1098/rsif.2007.0213
- Thijs, B., Huang, Y., & Glänzel, W. (2021). Comparing different implementations of similarity for disparity measures in studies on interdisciplinarity. Working Papers of Department of Management, Strategy and Innovation, Leuven 670614, KU Leuven, Faculty of Economics and Business (FEB), Department of Management, Strategy and Innovation, Leuven. <https://ideas.repec.org/p/ete/msiper/670614.html>
- Wang, J., Thijs, B., & Glänzel, W. (2015). Interdisciplinarity and impact: Distinct effects of variety, balance, and disparity. *PLoS ONE*, 10(5), e0127298. <https://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0127298>
- Yegros-Yegros, A., Rafols, I. and D' Este, P. (2015) Does interdisciplinary research lead to higher citation impact? The different effect of proximal and distal interdisciplinarity. *PLoS ONE* 10(8): e0135095. doi:10.1371/journal.pone.0135095
- Zhang, L., Rousseau, R., & Glänzel, W. (2016). Diversity of references as an indicator of the interdisciplinarity of journals: Taking similarity between subject fields into account. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 67(5), 1257–1265. <https://doi.org/10.1002/asi.23487>
- Zhang, L., & Leydesdorff, L. (2021). The scientometric measurement of interdisciplinarity and diversity in research portfolios of Chinese universities. Preprint. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3798519

關於 ISI 全球研究報告系列

我們的全球研究報告 (Global Research Reports) 以我們獨特的行業洞見為基礎，提供分析、想法和評論，以啟發更多的深入討論。

每一份報告均展現了研究資料擁有的巨大潛力，為科研評估和科研政策中的管理問題提供資訊，並加速全球研究體系的發展。

若您想進一步了解本報告所使用的方法及資訊，歡迎與我們連繫：
ISI@clarivate.com

已發布的報告：

Profiles, not metrics

**研究倫理：瞭解我們的共同責任，
營造永續發展的學術生態系統**

識別 Web of Science 中的研究前沿：從指標到意義

聯合國永續發展目標的研究導覽

關於科睿唯安

科睿唯安 (Clarivate™) 是全球領先的專業資訊服務提供者。今天，科睿唯安銳意進取，為使用者提供值得信賴的資訊與卓越的洞見，幫助客戶解決複雜難題，洞察先機，加速創新步伐。我們的專業知識和解決方案覆蓋創新生命週期的每一個關鍵環節，從學術研究和科學發現，到智慧財產的管理保護，直至實現創新成果的商業化，涵蓋科學研究、生

命科學與製藥、智慧財產各個領域。更多資訊請參考 clarivate.com。

科睿唯安旗下的 **Web of Science™** 集結全球科學研究資訊，以全球最大、獨立於出版社的引文索引及研究資訊平台為基礎，協助學術機構、企業、期刊出版社、政府單位加速科學研究步伐。

聯絡我們

clarivate.com/zh-hant

© 2021 Clarivate. Clarivate and its logo, as well as all other trademarks used herein are trademarks of their respective owners and used under license.