

学术评价的多变量指标探讨

薛 霏 鲁特·莱兹多夫 叶 鹰

摘 要 结合集成影响指标(I3)和h指数构成I3型多变量指标框架,获得发文矢量 $X=(X_1, X_2, X_3)$ 和引文矢量 $Y=(Y_1, Y_2, Y_3)$ 、集成发文指数 $I3X=X_1+X_2+X_3$ 和集成引文指数 $I3Y=Y_1+Y_2+Y_3$ 等多变量指标。实证研究显示:整体h核分布适用于评价学者,h核指数 X_1 和 Y_1 适用于评价大学的核心影响力,集成指数 $I3X$ 和 $I3Y$ 适合替代期刊影响因子JIF。多变量指标为学术评价提供了结合I3和h指数优势的多维视角,可丰富学术评价测度。图5。表4。参考文献18。附表3。

关键词 I3 h指数 发文矢量 引文矢量 发文分值 引文分值 多变量指标 集成指数
分类号 G250.252

Probing Multivariate Indicators for Academic Evaluation

Helen F. Xue, Loet Leydesdorff & Fred Y. Ye

ABSTRACT

Since Garfield introduced the journal impact factor (JIF) and set up citation analysis, some scientometric indicators have been applied to academic evaluations. Then Hirsch proposed the h-index, which was rapidly accepted by the scientific community. This promoted the development of quantitative academic indicators. However, both JIF and h-index have their advantages and disadvantages. The Integrated Impact Indicator (I3) and the h-index can be combined into the I3-type framework, yielding the publication vector $X=(X_1, X_2, X_3)$ and the citation vector $Y=(Y_1, Y_2, Y_3)$, the publication score $I3X=X_1+X_2+X_3$ and the citation score $I3Y=Y_1+Y_2+Y_3$, and alternative indicators, which could be developed to extend academic evaluation.

The vector X and the score $I3X$ represent the relative frequencies of the publications, while the vector Y and the score $I3Y$ denote the relative frequencies of the citations. The h-based I3-type multivariate indicators provide multidimensional indicators: X_1 measures publication score in the h-core (X_1 and Y_1 combination may measure core impact power); X_2 measures publication score in h-tail; $Y_h=Y_1+Y_3$ measures citation score in h-core; Y_2 measures citation score in h-tail; $I3X$ does total publication score, and $I3Y$ does total citation score.

The empirical studies reveal that the h-core distribution is suitable to evaluate scholars, and the X_1 and Y_1 are applied to measure core impact power of universities, and $I3X$ and $I3Y$ are alternatives of journal impact factor (JIF). The multivariate indicators provide a multidimensional view of academic evaluation with using the advantages of both the h-index and I3.

The publication vector $X=(X_1, X_2, X_3)$ and the citation vector $Y=(Y_1, Y_2, Y_3)$ with their elements, as

通信作者:叶鹰, Email: yye@nju.edu.cn, ORCID: 0000-0001-9426-934X (Correspondence should be addressed to Fred Y. Ye, Email: yye@nju.edu.cn, ORCID: 0000-0001-9426-934X)

well as the publication score $I3X = X_1 + X_2 + X_3$ and the citation score $I3Y = Y_1 + Y_2 + Y_3$, contribute multivariate indicators for academic evaluation. 5 figs. 4 tabs. 18 refs. 3 attached tabs.

KEY WORDS

I3. H-index. Publication vector. Citation vector. Publication score. Citation score. Multivariate indicator. Integrated indicator.

0 引言

学术评价一直是困扰学术界的问题之一,尤其面对当今纷繁复杂的学术体系,很难择定普适的评价准则。但就基础研究而言,基于发表和引用的评价仍是主流。由于引文和发文不能直接比较,所以需要有一定的测度模型。

自从加菲尔德(E.Garfield)建立引文分析并引进期刊影响因子(JIF)以来^[1-2],科学计量指标和科学计量学已在学术评价中广泛使用。2005年,h指数提出后^[3],很快被学术界所接受,促进了学术评价的研究和发展。

期刊影响因子JIF和h指数都有各自的优点和缺点,其基本差异是JIF针对期刊设计,h指数针对学者设计。2011年,在发展一系列指标基础上^[4],提出了集成影响指标I3^[5-6],这是一个把引文分布转化为分位数分布并将分位数加权值加和构成的综合指标。由于出版物平均引用率主要取决于出版物中少数高被引论文,《莱顿宣言》建议使用百分位数(“科研评价的十大原则”^[7])来进行评价。类似于h指数,I3用单一数来评价出版物数量及其引文影响力,其算式为:

$$I3(i) = \sum_{i=1}^c f(X_i) \cdot X_i \quad (1)$$

其中, X_i 表示其百分排名, $f(X_i)$ 表示在 $i=[1, C]$ 的范围内其分位排名的重复频率,这也意味着将 X_i 进行C等分,每一份的分值作为 $f(X_i)$ 或者称为权重(w_i),因此,方程式(1)可以重写为:

$$I3(i) = \sum_i w_i X_i; \sum_i w_i = 1 \quad (2)$$

沿此思路,依据被分析对象的h指数含义,可把I3和h指数优势结合到一个多变量评价体

系^[8-10],适用于分析比较以发文和引文为基础的学术对象,既包括学术团体(如大学)和学术个体(学者个人)等发文主体对象,也包括单篇论著和期刊等集成发文和引文的客体对象。以下扩展多变量指标方法论及其评价功能,使之不仅适用于期刊评价^[11],而且适用于各种群体层面和个体层面的学术评价。

1 方法与数据

在许多情形中,常用单参数指标进行学术评价,由于单参数只能反映整体信息的一个侧面,所以用单参数指标进行学术评价时,难免带有局限和缺点。可能的解决方案是用多变量指标来反映多维度信息。结合h指数和I3型设计的多变量指标为此提供了方法框架^[10-11]。

1.1 方法

以按引用数C排序的发文数P作为横坐标(x),引用数C作为纵坐标(y),可作发文—引文的排序分布,如图1所示。在图1中,h指数将发文量和引文量分为三个区段(区间),沿x轴分布的三个发文区段依次是:①h核^[12-13]发文量 P_c ;②h尾发文量 P_t ;③零被引论文量 P_z 。类似地,沿y轴分布的三个引文区间为:①超引区域的引文量^[14-15] $C_e = e^2$;②h核内正方形区域引文量 $C_c = h^2$;③h尾的引文量 $C_t = t^2$ 。

令 $x_c = P_c / (P_c + P_t + P_z)$, $x_t = P_t / (P_c + P_t + P_z)$, $x_z = P_z / (P_c + P_t + P_z)$, $y_c = C_c / (C_c + C_t + C_e)$, $y_t = C_t / (C_c + C_t + C_e)$, $y_e = C_e / (C_c + C_t + C_e)$ 作为权重,可以定义两个独立向量:发文向量X和引文向量Y:

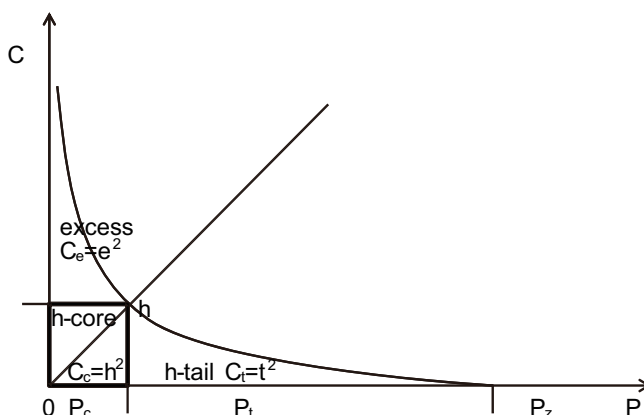


图1 发文—引文的排序分布

$$X = (X_1, X_2, X_3) = (x_c P_c, x_t P_t, x_z P_z) = (P_c^2/P, P_t^2/P, P_z^2/P) \quad (3)$$

$$Y = (Y_1, Y_2, Y_3) = (y_c C_c, y_t C_t, y_e C_e) = (C_c^2/C, C_t^2/C, C_e^2/C) \quad (4)$$

以及 I3 型发文指数 I3X 和 I3 型引文指数 I3Y:

$$I3X = x_c P_c + x_t P_t + x_z P_z = X_1 + X_2 + X_3 \quad (5)$$

$$I3Y = y_c C_c + y_t C_t + y_e C_e = Y_1 + Y_2 + Y_3 \quad (6)$$

向量 X 和指数 I3X 表征发文的相对分值,而向量 Y 和引文指数 I3Y 则表征引文的相对分值。为便于应用, h 核中的引文分值可融合成 $Y_h = y_h C_h$, 其中 $y_h = C_h/C$, $C_h = C_c + C_e$ 。

这样, 以上结合 h 指数的 I3 型多变量框架提供了多维测度: 衡量 h 核发文的 h 核发文指数 X_1 (X_1 和 Y_1 结合体现核心影响力), 衡量 h 尾发文的 h 尾发文指数 X_2 , 衡量 h 核引文的 h 核引文指数 Y_h , 衡量 h 尾引文的 h 尾引文指数 Y_2 , 表征发文总量的 I3 型集成发文指数 I3X, 表征引文总量的 I3 型集成引文指数 I3Y 等。总的看来, $\{X_i\}$ ($i=1,2$) 和 $\{Y_i\}$ ($i=1,2,3$) 以及 I3X 和 I3Y 均适合用作独立测度, 这些测度或指数为测评学术提供了多角度的不同参量。

1.2 数据说明

由于存在恒等式: $P = P_c + P_t + P_z$, $C = C_h + C_t = C_c + C_t + C_e$, $C_h = C_c + C_e$, $P_c = h$, $C_c = h^2$, 数据计算只需收集五个独立数 (P, C, P_z, C_h, h), 就可以通过算式 $P_t = P - P_c - P_z$, $C_c = h^2$, $C_t = C - C_h$ 和 $C_e = C_h -$

C_c , 计算出 X 和 Y 中各参量以及 I3X 和 I3Y。这五个独立数值可以通过搜索文献数据库 (如 Web of Science 或 Scopus) 而获得。

为检测上述多变量指标的适用性, 以下选取三个不同层面的数据集进行实证研究。

样本一: 学者层面。选择 Loet Leydesdorff (Leydesdorff L) 和 Fred Y. Ye (Ye F Y) 作为研究对象 (未选其他学者是为了避免个别数据差异引起争议), 统一从 Web of Science 数据库中采集 2006—2015 年 10 年的数据。

样本二: 大学层面。选择 25 所中外知名高校, 其中包括美国 9 所, 中国 9 所, 英国和德国各 2 所, 以及澳大利亚、加拿大、日本各 1 所, 从 Web of Science (WoS) 里面采集 2011—2015 年五年数据进行分析。

样本三: 期刊层面。选择电化学领域 JCR 期刊的 WoS 2011—2015 年五年数据集进行分析。

进行必要计算后的数据列于附录。为研究动态变化, 也采集了 2009—2013 年间的大学数

据进行对比;为比较学科差异,同时采集了社会科学史等领域期刊 2011—2015 年的数据。

2 结果

附录中列举了分布式多变量指标体系下发文向量 $X=(X_1, X_2, X_3)$ 和引文向量 $Y=(Y_1, Y_2, Y_3)$ 的数值,据此可以计算 $I3X=X_1+X_2+X_3$, $I3Y=Y_1+Y_2+Y_3$ 等多种测度,从而对不同层面的评

价对象按需提供评价参量。

2.1 学术个体:学者

每个学者在特定领域确定时段的所有发文和引文数据皆可从特定数据库中获取,个人的数据量不会很多,因而所有评价参量均容易算出,诸如 h 指数、 X_i 、 Y_i 、 $I3X$ 、 $I3Y$ 等,乃至 h 核分布和 h 尾分布,图 2 即呈现了 Leydesdorff L 和 Ye F Y 引文—发文的 h 核分布。

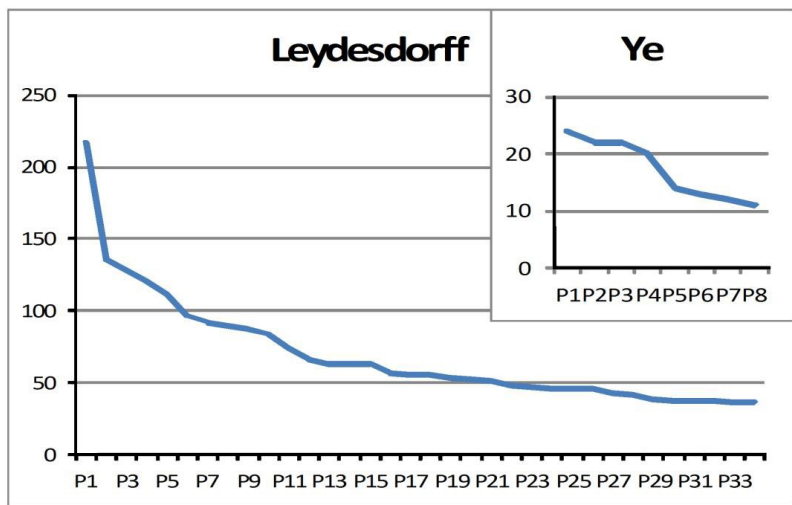


图 2 Leydesdorff L 和 Ye F Y 引文—发文的 h 核分布

如果约定学者的代表作一般应在 h 核中选择,则多变量指标提供了挖掘途径。同时,对于 h 指数很小的年轻学者,可用 X_2 和 Y_2 指数测量其发展潜力。在 h 指数适合测度终身成就而不利度量青年学者的情况下, X_i 和 Y_i 参数提供了对学者进行分类测评的可比参考。

2.2 学术团体:大学

大学的发文和引文数量巨大且学科众多,不同的评价参量可以给出不同角度的测评信息,但应该主要关心大学的核心影响力,故可用 h 指数、 h 核指数 X_i 和 Y_i 进行测评而放弃 h 尾信息,图 3 提供了 25 所名校的核心影响力信息。

从图 3 可见,哈佛大学的引文核心影响力

高居榜首,而 MIT 的发文核心影响力独占鳌头,斯坦福大学、伯克利加州大学、牛津大学和剑桥大学的发文和引文核心影响力皆名列前茅,耶鲁大学和密歇根大学的发文核心影响力则异峰突起。在 h 指数皆为整数且差异相对不大的情形下, X_i 和 Y_i 提供了差异较大的对比并分别表征出发文和引文的核心影响力。

2.3 学术集合:期刊

对期刊而言,所有发文和引文皆有其价值,因而用集成指数 $I3X$ 和 $I3Y$ 进行测评比较合理:既能覆盖全分布发文分值,也能兼顾 h 核和 h 尾的引文分值,27 种电化学期刊的情形如图 4 所示。

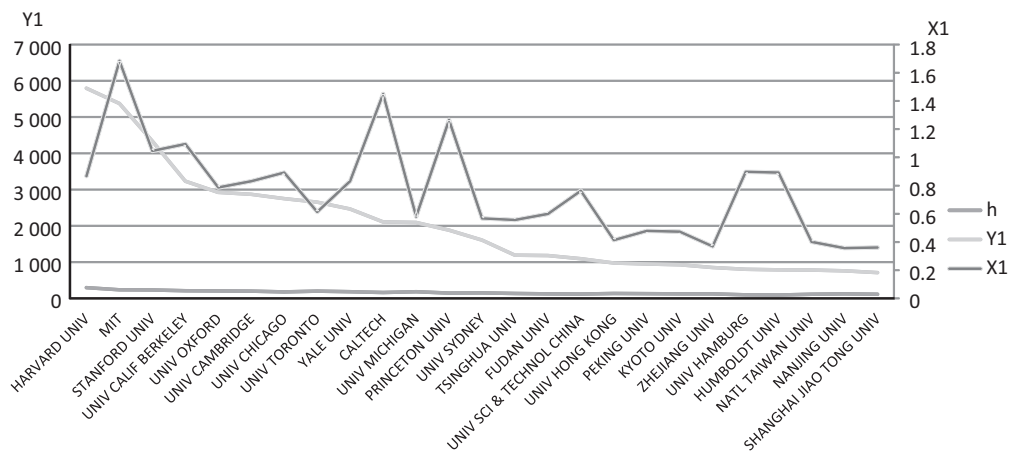


图3 25所名校的核心影响力(2011—2015)

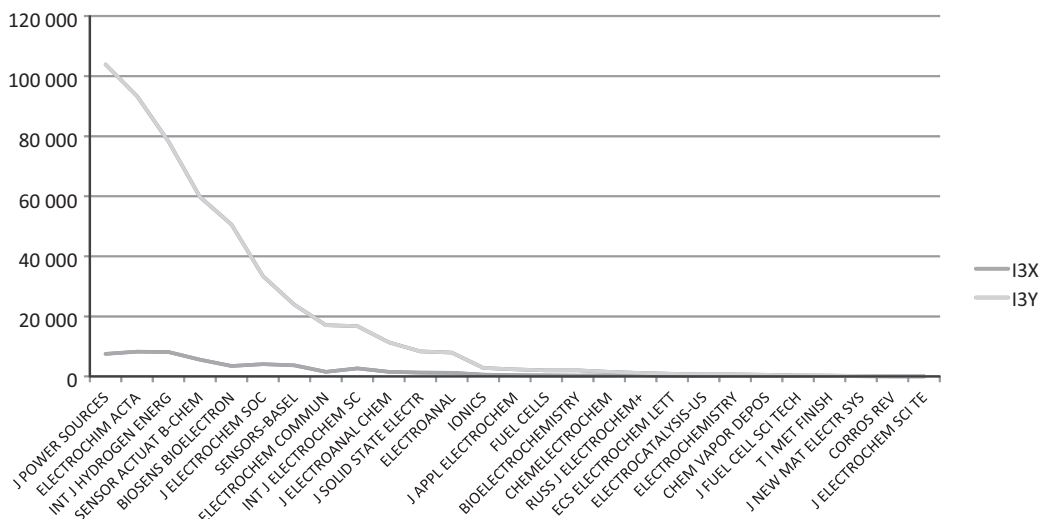


图4 电化学领域27种学术期刊的I3X和I3Y(2011—2015)

为进一步探索所有指标间的关系,把上述25所名校h指数, $\{X_i\}$ 和 $\{Y_i\}$ ($i=1,2,3$), $I3X$, $I3Y$ 之间的 Spearman 相关性呈现于表1,而把27种电化学期刊JIF, $\{X_i\}$ 和 $\{Y_i\}$ ($i=1,2,3$), $I3X$, $I3Y$ 之间的 Spearman 相关性展示于表2。

表1结果表明:除 X_3 和 Y_3 、 X_2 和 Y_3 、 $I3X$ 和 Y_3 、 X_1 和 $I3Y$ 无相关外,大学h指数与各测度之间均存在典型正相关,h指数与 X_1 、 $I3X$ 、 $I3Y$ 之间的 Spearman 相关系数分别为 0.514、0.671 和

0.843,表明这些测度之间既有关联也有区别,适合作为独立指标;相关系数大于 0.9 的指标有 h 和 Y_1 、 X_2 和 Y_2 、 $I3X$ 和 Y_2 、 X_2 和 $I3Y$ 、 $I3X$ 和 $I3Y$,这五对指标高度相关反映了 h 核引文与 h 指数之间、 h 尾内发文和引文之间密切关联,而总发文对 h 尾引文以及总引文的贡献很显著。表2结果揭示了类似结果:除 X_3 与各指标之间不相关甚或负相关外,期刊JIF与各测度之间大多存在典型正相关。

表 1 25 所名校 2011—2015 年间多变量指标之间的相关性

Correlations		Spearman (Sig. (2-tailed))				
		h	Y ₁	Y ₂	Y ₃	I3Y
Spearman (Sig. (2-tailed))	h	1	0.958 (0.000) *	0.838 (0.000) *	0.768 (0.000) *	0.843 (0.000) *
	X ₁	0.514 (0.009) *	0.678 (0.000) *	0.074 (0.726)	0.824 (0.000) *	0.078 (0.709)
	X ₂	0.630 (0.001) *	0.440 (0.028) **	0.918 (0.000) *	0.159 (0.447)	0.912 (0.000) *
	X ₃	0.538 (0.006) *	0.405 (0.044) **	0.775 (0.000) *	0.173 (0.408)	0.778 (0.000) *
	I3X	0.671 (0.000) *	0.486 (0.014) **	0.945 (0.000) *	0.188 (0.369)	0.942 (0.000) *

* 相关性在 0.01 水平显著 (双尾); ** 相关性在 0.05 水平显著 (双尾)

表 2 27 种电化学期刊 2011—2015 年间多变量指标之间的相关性

Correlations		Spearman (Sig. (2-tailed))				
		JIF	Y ₁	Y ₂	Y ₃	I3Y
Spearman (Sig. (2-tailed))	JIF	1	0.887 (0.000) *	0.746 (0.000) *	0.777 (0.000) *	0.761 (0.000) *
	X ₁	0.713 (.000) *	0.609 (0.001) *	0.208 (0.297)	0.593 (0.001) *	0.233 (0.242)
	X ₂	0.730 (.000) *	0.844 (0.000) *	0.995 (0.000) *	0.679 (0.000) *	0.995 (0.000) *
	X ₃	-0.507 (0.007) *	-0.275 (0.165)	0.095 (0.637)	-0.217 (0.276)	0.068 (0.735)
	I3X	0.678 (0.000) *	0.802 (0.000) *	0.988 (0.000) *	0.667 (0.000) *	0.986 (0.000) *

* 相关性在 0.01 水平显著 (双尾)

3 讨论与比较

h 核指数 X₁ 和 Y₁ 用作评价指标的优点与 h 指数类似的是相对稳健, 但更有可以非整数变动的优势, 尤其是 Y₁ 用于大学评价时具有测度引文核心影响力的功能。表 3 比较了 2009—2013 年和 2011—2015 年各大学的 h 指数和 Y₁ 变化。

如果把哈佛、斯坦福、剑桥、牛津等名校作为世界一流大学标杆, 可见中国名校的 h 指数大多与之相差 100 左右, 而 Y₁ 则大多与

之相差 1 000 以上, 同时, 2009—2013 年和 2011—2015 年的数据比较则体现出中国大学发展较快。

学科差异也会影响评价指标, 如属于文科的社会科学史期刊与属于理科的电化学期刊相比, I3X 相对 I3Y 波动较大, 以及与 JIF 之间的相关性降低, 其 I3X 和 I3Y 曲线见图 5, 各指标之间的 Spearman 相关系数见表 4。

由此可见在社会科学中各指标间的相关性均呈下降趋势, I3X 与 JIF 失去关联相互独立。所以, 多变量指标提供的信息比单指标测度丰富。

表 3 大学 h 指数和 Y_1 变化

2009—2013			2011—2015		
UNIV.	h	Y_1	UNIV.	h	Y_1
HARVARD	272	4 763.45	HARVARD	299	5 794.92
MIT	217	4 506.3	MIT	241	5 374.34
UC BERKELEY	203	3 426.45	STANFORD	231	4 335.86
STANFORD	202	3 242.72	UCBERKELEY	210	3 232.96
CAMBRIDGE	190	2 822.44	OXFORD	206	2 926.63
OXFORD	192	2 782.86	CAMBRIDGE	201	2 870.43
CHICAGO	164	2 387.89	CHICAGO	178	2 754.38
MICHIGAN	181	2 166.96	TORONTO	200	2 654.09
CALTECH	154	2 081.41	YALE	183	2 464.35
TORONTO	178	2 051.62	CALTECH	161	2 111.04
YALE	161	1 840.59	MICHIGAN	186	2 094.91
PRINCETON	133	1 559.91	PRINCETON	146	1 885.78
TSINGHUA	111	878.081	SYDNEY	153	1 608.35
SYDNEY	120	853.671	TSINGHUA	135	1 195.78
PEKING	112	799.809	FUDAN	128	1 183.3
FUDAN	102	734.071	USTC	120	1 098.46
KYOTO	114	714.517	HONG KONG	136	977.568
HONG KONG	116	700.921	PEKING	130	949.031
HUMBOLDT	81	609.58	KYOTO	126	931.677
HAMBURG	82	574.298	ZHEJIANG	126	851.592
USTC	89	552.153	HAMBURG	97	805.082
NANJING	98	487.427	HUMBOLDT	92	789.657
SHANGHAI JIAO TONG	92	459.206	NATL TAIWAN	116	786.014
ZHEJIANG	95	428.322	NANJING	123	759.485
NATL TAIWAN	85	294.895	SHANGHAI JIAO TONG	116	712.446

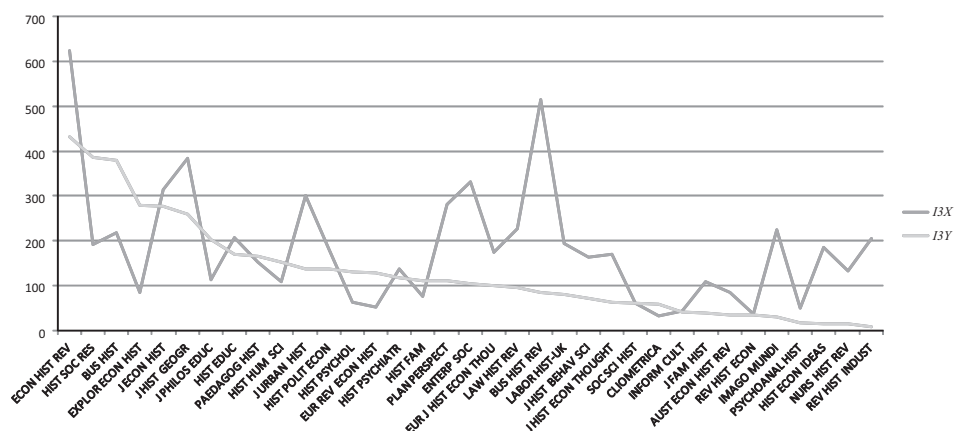


图 5 社会科学史领域 35 种学术期刊的 $I3X$ 和 $I3Y$ (2011—2015)

表 4 35 种社会科学史期刊 2011—2015 年间多变量指标之间的相关性

Correlations		Spearman (Sig. (2-tailed))				
		JIF	Y_1	Y_2	Y_3	$I3Y$
Spearman (Sig. (2-tailed))	JIF	1	0.690 (0.000) *	0.521 (0.001) *	0.634 (0.000) *	0.527 (0.001) *
	X_1	0.548 (0.001) *	0.774 (0.000) *	0.343 (0.044) **	0.626 (0.001) *	0.353 (0.037) **
	X_2	0.470 (0.004) *	0.347 (0.041) **	0.880 (0.000) *	0.408 (0.015) **	0.876 (0.000) *
	X_3	0.006 (0.974)	-0.037 (0.832)	0.084 (0.632)	-0.172 (0.323)	0.088 (0.614)
	$I3X$	0.131 (0.455)	0.080 (0.647)	0.348 (0.041) **	-0.041 (0.813)	0.352 (0.038) **

* 相关性在 0.01 水平显著 (双尾); ** 相关性在 0.05 水平显著 (双尾)

总之,与期刊影响因子 JIF 和 h 指数等单参数指标相比, X_1 和 Y_1 同时使用可作为核心影响力测度, X_2 和 Y_2 可作为 h 尾测度, Y_3 或 Y_h 可作为高引测度, $I3X$ 和 $I3Y$ 可作为综合测度,它们还可集成或组合构成学术主迹、副迹、亚迹等^[16-18],衍生出多变量指标体系,成为评价对象的多视角参数,因而可能促进评价指标的深入研究和未来应用。

任何指标都有各自的优缺点,多变量指标亦然。其局限主要在于仅适用于以论著为主要成果的领域,不适合评价工程技术、临床医疗和艺术创作。一般地,若要评价两个学术主体或客体 A 和 B,可比较其相应学术矩阵 M_A 和 M_B ,如果 M_A 中的所有元素皆优于 M_B (记为 $\{M_A\} > \{M_B\}$),并非总是 $A > B$,如 X_3 就是小数值为优),则评价 A 好于 B。更一般地,可用多变量指标张量 T_A 和 T_B ,如果 T_A 中的所有元素皆优于 T_B (记为 $\{T_A\} > \{T_B\}$),则评价 A 好于 B。

4 结论

多变量指标,包括发文向量 $X = (X_1, X_2, X_3)$ 和引文向量 $Y = (Y_1, Y_2, Y_3)$, I3 型发文分值 $I3X = X_1 + X_2 + X_3$ 和引文分值 $I3Y = Y_1 + Y_2 + Y_3$,以及它们的元素和集成指数,皆可用作学术评价测度。大多数多变量指数与 h 指数和影响因子正相关但具有相对独立性 (Spearman 相关系数 0.5—0.8),因而可以作为独立指标,这为学术评价提供了多维视角。特别是 X 和 Y 中的核—尾测度以及 $I3X$ 和 $I3Y$ 结合了 I3 和 h 指数的优势,可望具有实用价值。相关研究有待将来在应用和扩展中继续深入。

致谢: 感谢国家自然科学基金 (No. 71673131) 和浙江大学文科发展评估研究项目的资助。

参考文献

- [1] Garfield E. Citation indexes for science [J]. Science, 1955, 122 (3159): 108-111.
- [2] Garfield E. Citation indexing: its theory and applications in science, technology, and humanities [M]. New York: Wiley, 1979.
- [3] Hirsch J E. An index to quantify an individual's scientific research output [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, 2005, 102 (46): 16569-16572.
- [4] Leydesdorff L, Bornmann L, Mutz R, et al. Turning the tables in citation analysis one more time: principles for com-

- paring sets of documents [J]. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 2011, 62(7): 1370–1381.
- [5] Leydesdorff L, Bornmann L. Integrated impact indicators compared with impact factors; an alternative research design with policy implications [J]. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 2011, 62(11): 2133–2146.
- [6] Bornmann L, Leydesdorff L, Mutz R. The use of percentiles and percentile rank classes in the analysis of bibliometric data; opportunities and limits [J]. Journal of Informetrics, 2013, 7(1): 158–165.
- [7] Hicks D, Wouters P, Waltman L, et al. Bibliometrics; the *Leiden Manifesto* for research metrics [J]. Nature, 2015, 520(7548): 429–431.
- [8] Rousseau R, Ye F Y. A formal relation between the h-index of a set of articles and their I3 score [J]. Journal of Informetrics, 2012, 6(1): 34–35.
- [9] Ye F Y, Rousseau R. Modelling continuous percentile rank scores and integrated impact indicators (I3) [J]. Canadian Journal of Information and Library Science, 2013, 37(3): 201–206.
- [10] Ye F Y, Leydesdorff L. The “Academic Trace” of the performance matrix; a mathematical synthesis of the h-index and the integrated impact indicator (I3) [J]. Journal of the Association for Information Science and Technology, 2014, 65(4): 742–750.
- [11] Ye F Y, Bornmann L, Leydesdorff L. H-based I3-type multivariate vectors; multidimensional indicators of publication and citation scores [J]. COLLNET Journal of Scientometrics and Information Management, 2017, 11(1): in press.
- [12] Ye F Y, Rousseau R. Probing the h-core; an investigation of the tail-core ratio for rank distributions [J]. Scientometrics, 2010, 84(2): 431–439.
- [13] Chen D-Z, Huang M-H, Ye F Y. A probe into dynamic measures for h-core and h-tail [J]. Journal of Informetrics, 2013, 7(1): 129–137.
- [14] Zhang C-T. The e-index, complementing the h-index for excess citations [J]. PLoS ONE, 2009, 4(5): e5429.
- [15] Zhang C-T. A novel triangle mapping technique to study the h-index based citation distribution [J]. Scientific Reports, 2013, 3(1): 1023.
- [16] Huang M-H, Chen D-Z, Shen D, et al. Measuring technological performance of assignees using trace metrics in three fields [J]. Scientometrics, 2015, 104(1): 61–86.
- [17] 叶鹰. 国际学术评价指标研究现状及发展综述 [J]. 情报学报, 2014, 33(2): 215–224. (Ye F Y. The research progress and developing perspective of assessment indicators [J]. Journal of the China Society for Scientific and Technical Information, 2014, 33(2): 215–224.)
- [18] 薛霏, 叶鹰. 大学的学术矩阵和学术迹探讨 [J]. 大学图书馆学报, 2014, 32(1): 25–29. (Xue H F, Ye F Y. The academic matrices and traces of universities [J]. Journal of Academic Libraries, 2014, 32(1): 25–29.)

附录

附表 1 学者数据

Indicator	P	h=P _e	P _z	C	C _h	X ₁	X ₂	X ₃	Y ₁	Y ₂	Y ₃
Leydesdorff L	145	35	15	3 673	2 404	8.448 28	62.241 4	1.551 724	408.555 7	438.432 1	378.448 4
Ye F Y	27	8	4	193	138	2.370 37	8.333 33	0.592 593	21.222 8	15.673 58	28.373 06

附表 2 25 所名校按 h 指数降序排列的发文和引文向量(2011—2015)

University (ISI Abbreviated Name)	Univ h-index	Publication Vector			Citation Vector		
		X ₁	X ₂	X ₃	Y ₁	Y ₂	Y ₃
HARVARD UNIV	299	1.094 619	24 314.06	1 913.433	3 232.96	396 695.9	7 903.913
MIT	241	1.450 045	12 384.46	449.927 1	2 111.042	198 999.9	5 201.47
STANFORD UNIV	231	0.831 177	23 130.99	4 552.135	2 870.434	394 468.6	5 247.233
UNIV CALIF BERKELEY	210	0.892 381	12 471.7	5 746.589	2 754.382	214 970	7 670.005
UNIV OXFORD	206	0.867 213	52 946.5	8 107.924	5 794.924	1 042 924	5 936.042
UNIV CAMBRIDGE	201	0.898 491	5 597.244	705.974 1	805.082 4	59 230.25	3 583.228
UNIV CHICAGO	178	1.684 826	21 638.54	1 389.099	5 374.339	384 660.6	9 750.973
UNIV TORONTO	200	0.891 792	4 919.386	693.747 3	789.657 4	55 358.94	1 429.996
YALE UNIV	183	0.579 624	26 893.7	6 328.984	2 094.907	430 861	2 882.996
CALTECH	161	0.786 624	24 606.31	5 552.343	2 926.635	413 946.2	7 558.184
UNIV MICHIGAN	186	0.472 95	18 008.83	2 335.886	931.676 5	212 361.4	828.042 2
PRINCETON UNIV	146	1.045 679	24 906.8	4 496.608	4 335.864	459 288.5	4 464.867
UNIV SYDNEY	153	1.265 42	9 514.728	968.448 9	1 885.783	141 185.6	5 139.476
TSINGHUA UNIV	135	0.613 459	29 408.69	6 901.935	2 654.091	439 022.9	3 884.249
FUDAN UNIV	128	0.557 271	18 821.43	1 840.817	1 195.784	206 680.1	1 431.567
UNIV SCI & TECHNOL CHINA	120	0.356 455	23 518.15	2 710.625	759.484 6	245 094.5	693.993 3
UNIV HONG KONG	136	0.567 175	18 669.88	4 325.257	1 608.351	236 197.7	3 317.497
PEKING UNIV	130	0.831 096	18 475.52	4 083.185	2 464.349	319 306.9	3 587.126
KYOTO UNIV	126	0.478 971	19 432.44	2 279.871	949.031 2	227 797.6	1 640.276
ZHEJIANG UNIV	126	0.599 949	14 670.63	1 879.865	1 183.301	168 309.7	1 000.845
UNIV HAMBURG	97	0.763 764	11 735.74	789.852 6	1 098.462	133 663.5	1 277.13
HUMBOLDT UNIV	92	0.368 909	23 381.48	2 908.594	851.592	238 996.7	674.866 8
NATL TAIWAN UNIV	116	0.401 708	17 416.95	2 541.646	786.014 5	174 981.4	1 129.731
NANJING UNIV	123	0.414 086	23 361.4	3 347.527	977.568 4	282 767.1	814.692 4
SHANGHAI JIAO TONG UNIV	116	0.361 216	19 821	2 664.592	712.446 2	195 774.3	1 222.995

附表 3 27 种电化学领域的期刊按期刊影响因子 (JIF) 降序排列的发文和引文向量 (2011—2015)

Journal (JCR Abbreviated Title)	JIF	Publication Vector			Citation Vector		
		X ₁	X ₂	X ₃	Y ₁	Y ₂	Y ₃
J POWER SOURCES	5.314	0.937 729	7 557.725	16.032 2	489.199 2	103 161.5	219.678 5
ELECTROCHIM ACTA	4.119	0.571 882	5 554.181	16.470 85	186.196 2	59 566.58	37.425 95
INT J HYDROGEN ENERG	2.371	0.627 907	1 535.078	29.798 45	110.939	11 231.28	42.695 9
SENSOR ACTUAT B-CHEM	3.987	1.701 574	1 568.095	4.106 891	380.931	16 589.19	152.775 1
BIOSENS BIOELECTRON	6.395	1.356 003	3 534.652	1.471 358	413.075 3	50 069.81	120.507 9
J ELECTROCHEM SOC	2.461	0.598 673	4 032.372	88.237 33	241.208 3	33 041.08	141.447
SENSORS-BASEL	1.571	0.552 901	362.663 8	19.537 54	38.173 09	2 013.312	1.937 818
ELECTROCHEM COMMUN	4.417	0.490 168	8 274.604	47.466 39	213.984 1	93 083.97	32.976 44
INT J ELECTROCHEM SC	1.266	0.232 688	2 554.359	175.351 3	48.132 64	16 719.86	5.171 47
J ELECTROANAL CHEM	2.553	0.347 822	8 080.94	91.320 54	138.571 2	78 089.58	20.198 31
J SOLID STATE ELECTR	2.099	0.521 432	1 265.181	44.072 16	84.750 02	8 287.328	17.205 56
ELECTROANAL	2.179	0.544 135	1 208.825	26.662 64	77.010 84	7 842.054	27.314 7
IONICS	1.627	0.945 378	118.588 2	12.710 08	52.789 36	489.285 7	2.503 65
J APPL ELECTROCHEM	2.143	1.184 426	159.053 3	3.688 525	60.434 88	603.161 4	23.444 28
FUEL CELLS	1.648	0.585 938	202.710 9	21.093 75	34.889 73	846.081 3	9.596 141
BIOELECTROCHEMISTRY	3.231	0.700 971	334.417 5	12.739 81	53.040 7	1 533.366	9.778 185
CHEMELECTROCHEM	3.27	1.916 87	284.305 6	3.911 98	160.820 5	1 837.389	39.388 8
RUSS J ELECTROCHEM+	0.502	0.264 706	65.895 42	78.513 07	13.754 72	273.209 6	2.568 134
ECS ELECTROCHEM LETT	1.93	0.389 484	612.316 5	44.592 02	41.526 08	2 826.369	6.075 526
ELECTROCATALYSIS-US	2.074	0.714 919	427.539 1	20.220 09	56.638 3	2 219.753	93.540 62
ELECTROCHEMISTRY	0.714	0.243 243	157.136 8	127.744 9	17.572 88	637.024 6	24.204 24
CHEM VAPOR DEPOS	1.656	0.488 881	3 543.361	200.091 1	228.053 3	23 512.43	112.716 4
J FUEL CELL SCI TECH	0.64	0.220 109	97.067 93	78.532 61	11.674 38	349.197 5	2.569 395
T I MET FINISH	0.57	0.146 312	269.388 1	143.090 7	9.959 864	1 137.312	2.133 333
J NEW MAT ELECTR SYS	0.4	0.172 249	34.569 38	66.622 01	5.355 372	152.330 6	0.809 917
CORROS REV	1.05	0.719 101	21.752 81	15.382 02	16.062 75	71.470 59	12.298 04
J ELECTROCHEM SCI TE	0.462	0.297 619	19.047 62	18.107 14	5.482 456	54.745 61	0.877 193

薛 霏 浙江大学图书馆馆员。杭州 310013。
鲁特·莱兹多夫 阿姆斯特丹大学传播研究学院教授。荷兰。
叶 鹰 南京大学信息管理学院教授,博士生导师。南京 210023。

(收稿日期:2017-03-06)