DOI:10.16262/j.cnki.1000-8217.2009.01.007

·科学论坛·

科学基金 h 指数:基金论文成果数量与影响力的综合衡量

赵 星 高小强 何 培

(重庆大学经济与工商管理学院,重庆 400030)

[摘 要] 为了在科学基金绩效评价中综合反映科学基金论文成果的数量和影响力,给出了科学基金 h 指数的计算方法,用因子分析、回归和相关性分析等方法分析了我国科学基金论文成果的数据,实证研究了科学基金 h 指数的特点。结果表明:科学基金 h 指数综合衡量了基金论文成果的数量与影响力,分别与基金论文成果数量和总被引呈幂律关系。

[关键词] 科学基金,绩效评价,信息计量学,引文分析,h 指数

1 引言

科学基金是促进国家科技创新的重要资源,对科学基金的绩效进行科学评价具有重要意义[1]。目前评价科学基金绩效的主要指标有科学基金论文成果的数量和质量(影响力)等,论文成果的质量(影响力)可用被引次数衡量[2-5]。

Hirsch[6]于2005年提出 h 指数,以简单的计算同时衡量学者个人论文成果的数量和质量(影响力)[7-8]。h 指数的定义为:某学者发表的总计 N 篇论文中,有 h 篇论文的被引次数至少为 h 次,且其余 $N-h$ 篇论文的被引次数均小于或等于 h。赵基明、邱均平等人[9]指出,相比于以论文数量代表质量或以期刊影响因子代表论文水平的评价方法,h 指数无论是评价理念还是评价效果,都更为先进和公正。h 指数还具有计算简便[6],不易受作者自引影响[10],相比传统指标更具鲁棒性[11]以及有更好的预测能力[12,13]等诸多优点,很快成为科学计量学和科学评价学的前沿热点,并被扩展用于期刊[14]、研究小组[15]和机构[16]等不同对象的评价。

实际上,通过引文分析对论文质量的评价主要是评价论文的影响力,而 h 指数同时衡量的是论文成果的数量和影响力。本文将 h 指数用于科学基金论文成果的数量和影响力的综合评价。首先介绍科学基金 h 指数的计算方法,然后通过对4种国家级科学基金(包括国家科技计划等,下文统称为国家科学基金)以及25个省(自治区、直辖市)自然科学基金进行实证分析,探讨科学基金 h 指数的特点,提出下一步研究的设想。

2 科学基金 h 指数

类似于学者个人 h 指数[6],本文将科学基金 h 指数定义为:获得某科学基金资助的总计 N 篇论文中,有 h 篇论文的被引次数至少为 h 次,而其余 $N-h$ 篇论文的被引次数均小于或等于 h。如某科学基金 h 指数为50,表示该基金的资助产生了50篇引用次数不少于50次的论文。

科学基金 h 指数计算方法为:从引文数据库获取某一时段某科学基金资助的论文及其被引数据,按论文被引次数降序排列所有论文,按表1所示方法判定该科学基金的 h 值。

表1 科学基金 h 指数计算过程

排序 i	被引次数	约束条件
1	C_1	$C_1 \geqslant C_2$
2	C_2	$C_2 \geqslant C_3$
…	…	…
$h-1$	C_{h-1}	$C_{h-1} \geqslant C_h$
h	C_h	$C_h \geqslant h$
$h+1$	C_{h+1}	$C_{h+1} \leqslant h$
…	…	…
N	C_N	$C_N \leqslant C_{N-1}$

注:论文排列所得序号为 i,N 为该科学基金资助的论文总数(表中为序号最大值),C_i 为对应序号 i 的论文被引次数,对于所有 i,有 $C_i \geqslant C_{i+1}$。

本文于2008年8月25日收到.

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

由科学基金 h 指数的计算过程可知，科学基金论文成果数量和表征这些论文影响力的引用次数共同决定了 h 指数数值，此数值不仅反映了该科学基金资助的论文集合中高被引论文的被引强度，同时也反映了达到这一被引强度的高被引论文的数量。

3 数据与结果

本文选择中国引文数据库(http://ckrd.cnki.net/Grid20/Navigator.aspx? ID=6)作为数据源，该库是中国知识基础设施工程(CNKI)的子库，能以基金名作为检索项，并能直接查询出每篇论文的被引频次，适用于科学基金 h 指数的计算。检索期刊范围包含了CNKI所有收录期刊，引文类型选择来自期刊论文的引用，论文和引文截止时间均为2008年6月20日。具体的检索方法为：检索项选择"被引文献基金名称"，时段选择2000—2008年，匹配模式为"精确"，排序按"被引频次"降序排列，并以需考察的基金名为检索词进行检索。使用表1所示方法计算检索结果数据，可得出4种国家科学基金2000—2008年的 h 指数(如表2所示)。

表2 2000—2008年部分国家科学基金 h 指数

基金名	基金 h 指数
国家自然科学基金	140
国家"863"计划	64
国家"973"计划	55
国家社会科学基金	37

由表2可见，用2000—2008年的数据计算出的国家自然科学基金 h 指数在4种国家科学基金中数值最大。国家自然科学基金资助的研究工作在此时段中产生了140篇被引频次不少于140次的高影响力的中文论文成果，资助成效显著。

按前述方法，我们也统计了25个省(自治区、直辖市)的省级自然科学基金2000年至2008年论文成果的数量及这些论文在2000—2008年间的被引频次，并计算出 h 指数，部分结果如表3所示。

表3 2000—2008年省级自然科学基金 h 指数排名前10的省份

基金所属省市	论文数量 N	有被引论文数 N_C	被引率 R_C	总被引 C	篇均被引 A_C	有被引论文篇均被引 A_{NC}	单篇最高被引 M_C	科学基金 h 指数
广东省	5 949	4 318	0.73	28 663	4.82	6.64	300	48
浙江省	2 797	2 036	0.73	13 931	4.98	6.84	117	37
福建省	1 976	1 432	0.73	9 231	4.67	6.45	131	33
湖北省	1 634	1 165	0.71	6 981	4.27	5.99	76	31
北京市	2 159	1 426	0.66	7 815	3.62	5.48	90	30
江苏省	2 664	1 729	0.65	9 521	3.57	5.51	65	30
山东省	2 473	1 592	0.64	9 014	3.65	5.66	100	30
河北省	1 685	1 096	0.65	6 659	3.95	6.08	99	29
陕西省	1 783	1 192	0.67	6 923	3.88	5.81	99	28
安徽省	1 469	1 022	0.67	5 547	3.78	5.43	94	26

表3的结果表明：广东省在自然科学基金论文成果的数量、总被引次数、单篇最高被引次数和 h 指数等指标数值上均领先于其他省(自治区、直辖市)。

4 分析与讨论

4.1 科学基金 h 指数与其他指标的相关关系

科学基金 h 指数的计算方法决定了其数值与基金论文成果数量和被引等指标有内在的联系。下面用25个省级自然科学基金的数据来实证探寻这种联系及其特点，表4是25个省级自然科学基金 h 与基金论文成果数量和被引指标的均值、标准差和Pearson相关分析结果。

表4 省级自然科学基金 h 与基金论文成果数量和被引指标的均值、标准差和Pearson相关系数矩阵

变量	$\bar{X}\pm S$	1	2	3	4	5	6	7
1. 论文数量 N	1475.12±1205.09							
2. 有被引论文数 N_C	994.64±873.18	0.99**						
3. 被引率 R_C	0.65±0.10	0.28	0.31					
4. 总被引 C	5822.32±5838.33	0.99**	0.99**	0.32				
5. 篇均被引 A_C	3.61±0.92	0.46*	0.51**	0.91**	0.54**			
6. 有被引论文篇均被引 A_{NC}	5.43±0.87	0.54**	0.57**	0.73**	0.60**	0.93**		
7. 单篇最高被引 M_C	95.48±63.36	0.68**	0.71**	0.36	0.68**	0.50**	0.54**	
8. 科学基金 h 指数	23.96±9.15	0.91**	0.92**	0.46*	0.90**	0.68**	0.76**	0.68**

注：** 表示 $P<0.01$，* 表示 $P<0.05$。

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

Vinkler[16]的研究表明学者个人 h 指数与论文数量相关性不显著，而与论文总被引显著相关（$R=0.90$）。van Raan[15]的研究显示，研究小组 h 指数与论文数量的回归拟合 R^2 为 0.49，而与论文总被引的回归拟合 R^2 为 0.88。本文的研究表明：科学基金 h 指数与论文总被引的相关性和学者个人以及研究小组的 h 指数与论文总被引的相关性类似，但科学基金 h 指数与论文数量的相关性（$R=0.91$，$P<0.01$）远强于前人研究的两种 h 指数与论文数量的相关性。

科学基金论文的总被引 C 也是反映科学基金绩效的指标之一，总被引 C 与论文数量 N 的关系为：

$$C = A_C \times N \tag{1}$$

其中 A_C 为论文篇均被引。由表 4 中 A_C 的标准差可知，25 个省级自然科学基金论文的被引率和篇均被引差异相对较小，表明各省（自治区、直辖市）的论文成果在平均影响力上差别不大。当各省级自然科学基金论文的 A_C 差异较小时，可近似地将 A_C 视为常数，即有：

$$C \propto N \tag{2}$$

Hirsch[6]指出论文总被引 C 与学者个人 h 指数有以下关系：

$$C = \mathrm{A}h^2 \tag{3}$$

其中 A 为常数。使用本文数据进行拟合可以得到科学基金论文成果总被引与科学基金与科学基金 h 指数的关系式：

$$C = 9.92h^2 (R^2 = 0.96, F = 525.79, P < 0.01) \tag{4}$$

另外，科学基金论文成果数量 N 与 h^2 之间也存在拟合很好的关系式：

$$N = 2.30h^2 (R^2 = 0.93, F = 297.64, P < 0.01) \tag{5}$$

通过多种不同模型的探索性分析还发现：科学基金 h 指数分别与基金论文成果数量 N 和总被引 C 之间存在幂律关系：

$$h = 1.01N^{0.44} (R^2 = 0.90, F = 213.98, P < 0.01) \tag{6}$$

$$h = 1.00C^{0.37} (R^2 = 0.98, F = 1292.05, P < 0.01) \tag{7}$$

值得注意的是(6)式和(7)式的系数均近似等于 1，即科学基金 h 指数与论文数量 N 以及与总被引 C 间的数量关系实际上主要由幂指数决定。

4.2　科学基金 h 指数对论文数量和影响力的代表性分析

由表 4 可知：被引率 R_C、篇均被引 A_C 以及单篇最高被引 M 等指标与科学基金 h 指数的相关性与论文数量 N 和总被引 C 相比较弱，且各指标相互之间有一定相关性。为了避免多重共线性，下面采用探索性因子分析寻求与科学基金 h 指数关系相对密切的指标。因子分析有效性采用 KMO 和 Bartlett 球形检验，KMO＝0.63＞0.6，Bartlett 球形检验达到显著性水平（$P<0.01$），两个检验均表明此数据适合因子分析；公共因子采用主成分分析法提取，并对原始因子载荷进行最大方差垂直旋转变换，分析结果如表 5 所示。

表 5　科学基金 h 指数与其他指标的因子分析

表项	因子 1	因子 2
科学基金 h 指数	0.86	
论文数量 N	0.98	
有被引论文数 N_C	0.97	
总被引 C	0.96	
单篇最高被引 M	0.73	
被引率 R_C		0.95
篇均被引 A_C		0.94
有被引论文篇均被引 A_{NC}		0.84
特征根	5.69	1.57
累积方差贡献率	71.11%	90.79%

从表 5 可以看出：总的累积方差贡献率 90.79%＞80%，因子分析效果良好。综合表 4 和表 5 的结果，被引率 R_C 和篇均被引 A_C 指标同科学基金 h 指数的相关性与其他指标相比有一定差距，而单篇最高被引 M 则与科学基金 h 指数有较强关联。这表明获得单篇最高被引的论文作为基金论文中的优秀成果，较好的代表高影响基金论文成果的总体水平。

将表 5 中科学基金 h 指数项剔除，使用剩余的指标再进行因子分析，各指标的归属分类不变。将新的两个公共因子命名为因子 1 和因子 2，因子 1 中的论文数量 N 和总被引 C 等可作为衡量科学基金论文成果总体数量和影响力的指标；因子 2 中的指标可作为衡量科学基金论文成果平均影响力的指标。计算出这两个新公共因子值并将其作为自变量，利用多元回归可得出因子 1 和 2 与科学基金 h 指数的回归系数，如表 6 所示。

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 6 公共因子值的多元回归结果

表项	科学基金 h 指数	
	标准回归系数	Sig
因子 1:总体数量和影响力(含 N、N_C、C 和 M)	0.83	0.00
因子 2:平均影响力(含 R、A_C 和 A_{NC})	0.45	0.00
解释力 R^2	0.889	
F 值	88.25	
显著性水平	$P<0.01$	

由表 6 可知,科学基金 h 指数既能表征论文总体的数量和影响力,也能体现论文平均影响力,并且科学基金 h 指数与论文总体数量和影响力的相关性大于其与平均影响力的相关性。

4.3 科学基金 h 指数的不足

应指出的是:在将科学基金 h 指数用于科学基金评价时,还需综合考虑其他因素。如本文计算出的 2000—2008 年时段内的国家社会科学基金 h 指数只有 37,远低于国家自然科学基金 h 指数的 140,甚至比广东省自然科学基金 h 指数的 48 还低。国家社会科学基金论文数量也仅为 1139 篇,远低于国家自然科学基金的 113 488 篇和广东省自然科学基金的 5949 篇。作者认为这可能是因为国家社会科学基金有较多成果以专著或研究报告形式体现,而并不一定发表期刊论文,基金 h 指数不能反映其非期刊论文成果的数量和影响力。

另外,包括 h 指数在内的科学定量评价指标尚有诸多局限性,科学评价还应以同行评议为主,定量评价的结果只能用于参考、辅助或一些同行评议暂时无法进行的领域。不加分析的对于量化方法的滥用,可能会导致很多的问题。

5 结语

本文用国家级和省级科学基金论文的数据,实证分析了科学基金 h 指数的特点。结果表明:科学基金 h 指数能综合衡量基金论文成果的数量与影响力,h 指数的高低体现了各种基金资助论文成果数量和影响力的差异。科学基金 h 指数还分别与基金论文成果数量和总被引均呈幂律关系。

科学基金 h 指数未能反映其非期刊论文成果(如著作、研究报告和专利等),而这类成果的引用各具特点,能否纳入期刊论文一同进行引文分析还需深入研究。使用 h 指数的评价过程中还应充分注意到定量方法的局限性。

本文的初步研究显示了将 h 指数用于科学基金评价的优点与可行性。下一步的工作可将科学基金 h 指数用于不同时段不同类型的科学基金的实证和评价,还可研究各基金的投入资金总额、立项数和平均资助强度等因素对科学基金 h 指数的影响等。

参 考 文 献

[1] 国家自然科学基金委员会. 国家自然科学基金"十一五"发展规划. 中国科学基金,2006(5):310—320.

[2] Adam D. The counting house. Nature, 2002, 415(6873): 726—729.

[3] Moed H F. The future of research evaluation rests with an intelligent combination of advanced metrics and transparent peer review. Science and Public Policy, 2007, 34(8): 575—583.

[4] Moed H F. UK research assessment exercises: Informed judgments on research quality or quantity? Scientometrics, 2008,74(1): 153—161.

[5] Goldfarb B. The effect of government contracting on academic research: Does the source of funding affect scientific output? Research Policy,2008,37(1):41—58.

[6] Hirsch J E. An index to quantify an individual's scientific research output. PNAS,2005,102(46): 16 569—16 572.

[7] Ball P. Index aims for fair ranking of scientists. Nature, 2005,436(7053): 900.

[8] Egghe L, Rousseau R. An informetric model for the Hirsch index. Scientometrics,2006,69(1): 121—129.

[9] 赵基明,邱均平,黄凯等. 一种新的科学计量指标——h 指数及其应用述评. 中国科学基金,2008,22(1):23—32.

[10] Engqvist L, Frommen J G. The h-index and self-citations. Trends in Ecology & Evolution, 2008, 23(5): 250—252.

[11] Vanclay K. On the robustness of the h-index. JASIST,2007, 58(10):1547—1550.

[12] Hirsch J E. Does the h-index have predictive power?. PNAS, 2007,104(49): 19 193—19 198.

[13] Ball P. Achievement index climbs the ranks. Nature,2007, 448(7155): 737.

[14] Braun T, Glänzel W, Schubert A. A Hirsch-type index for journals. Scientometrics,2006,69(1): 169—173.

[15] van Raan A. Comparison of the Hirsch-index with standard bibliometric indicators and with peer judgment for 147 chemistry research groups. Scientometrics, 2006, 67(3): 491—502.

[16] Arencibia-Jorge R, Barrios-Almaguer I, Fernández-Hernández S et al. Applying Successive H Indices in the Institutional Evaluation: A Case Study. JASIST,2008, 59(1): 155—157.

[17] Vinkler P. Eminence of scientists in the light of the h-index and other scientometric indicators. Journal of Information Science,2007,33(4):481—491.

(下转 22 页)

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

情发生，一旦出现不良现象时会有什么样的人员用什么样的程序来进行处理。尽管德意志研究联合会和马普学会通过的《关于提倡良好科学实践和处理涉嫌学术不端案件的指南》强调了处理不端行为的具体措施（如载入个人学术记录、解除职位等），甚至也将一些不端行为与相关适用法律进行对比的条款，但是海德堡大学显然认为大学是一个教书育人的地方，最重要的就是"教"你如何做，这一点是国内少见的。国内政府部门也好，高校也好，大凡出台一个政策，都是将处理说得非常重，程序也很清楚、透明，有些"吓人"的份量，但是最最应该坚持的"教育"问题往往因其"不言自明"而在政策、规定、办法中强调得不够，这也是目前国内普遍存在的"事后处罚"重于"事前教育"的根源。

致谢：感谢中德科学中心德方副主任赵妙根先生在本文写作中提供的指导；感谢中南大学外国语学院刘众老师帮助翻译了海德堡大学的《条例》并由中德科学中心石晓宜老师进行了审校。

参考文献

[1] 解志杰，周来新，邓军等. 浅谈高校学术不端行为的成因与对策. 西北医学教育，2007，15(2)：195—196，206.

[2] 李金艳. 高等学校科研不端及其治理. 中国成人教育，2007，1：190.

[3] 郑小玲. 高校科研腐败表现形式及治理. 中国成人教育，2008，8：30—31.

[4] 王雅芬. 科研不端行为的界定及其防范与治理. 研究与发展管理，2007，4：133—136.

[5] 高进军，李彦武，邵福球. 高校学术不端行为的防治——管理层、导师、研究生三方职责探析. 学位与研究生教育，2007（增刊）：65—67.

[6] 邱咏梅. 浅论我国学术规范制度建设. 盐城师范学院学报（人文社科版），2005，25(4)：95—97.

[7] 何晓聪. 高校学术不端成因及其治理研究. 高教论坛，2007，1：137—139.

ADVOCATING GOOD SCIENTIFIC PRACTICE: PROCEDURE AND ITS ENLIGHTENMENT OF HEIDELBERG UNIVERSITY

Huang Jufang

(*Division of Research and Development*, *Central South University*, *Changsha* 410083)

Abstract This article summarizes experiences of University of Heidelberg, Germany in dealing with scientific misconduct, suggestions for a better supervision and overseeing of scientific misconduct in higher academic institutions in China are also made.

Key words scientific misconduct, supervision and overseeing

（上接18页）

SCIENCE FUND'S *H*-INDEX: COMPREHENSIVE CHARACTERIZATION OF THE QUANTITY AND IMPACT OF PAPERS SUPPORTED BY SCIENCE FUND

Zhao Xing Gao Xiaoqiang He Pei

(*College of Economics and Business Administration*, *Chongqing University*, *Chongqing* 400030)

Abstract In order to comprehensively characterize the quantity and impact of papers supported by science fund, a calculation method of science fund's *h*-index is given. In the case of national and local science fund in China, we use factor analysis, regression and correlation analysis to investigate empirically the features of the index. The results show that science fund's *h*-index is a comprehensive characterization of the quantity and impact of papers supported by science fund. There is a power law relationship between science fund's *h*-index and the number of papers supported by science fund. There is also a power law relation between the index and the total citation of the papers.

Key words science fund, performance evaluation, informetrics, citation analysis, *h*-index

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net