

기관단위 연구성과 평가방법에 관한 연구: h-지수 및 변형지수를 중심으로

A Study on the Evaluation Methods of Research Institution: Based on the h-index and its Variants

박지연(Ji-Yeon Park)*
김정은(Jung-Eun Kim)**
민윤경(Yoon-Kyung Min)***

초 록

h-지수는 개인의 연구성과를 측정하는 지표로 지수의 강건성과 계산의 용이성 등이 인정되면서 이를 보완하는 다양한 변형지수들이 연구되었으며, 이 지수들을 이용하여 연구자 개인의 영향력 평가는 물론, 저널, 학과, 대학, 연구소 등 기관단위 평가를 하려는 시도가 이루어지고 있다. h-지수를 이용한 기관단위의 평가 방법으로는 기관 h-지수, 평균 h-지수, 메타 h-지수 등 세 가지가 있으며, 본 연구에서는 국내 10개 경영대학을 대상으로 h-지수 및 변형지수들의 특징 및 상관관계를 살펴 본 후, 위의 세 가지 방법을 모두 적용하여 각 방법론을 비교 분석하였다.

ABSTRACT

The h-index is a new tool for measuring research outputs based on citation and many variants of h-index have been proposed to improve the weaknesses of h-index. The h-index and its variants can be applied to institutional evaluation in three different ways. We worked out 447 practical cases of professors from 10 business schools and examined h-index and its variants. And then we compared three evaluation methods of research institution based on the h-index and its variants.

키워드: 기관평가, h-지수, h 변형지수, 연구성과, 평균 h-지수, 메타 h-지수
h-index, mean h-index, meta h-index, research output, institutional evaluation

* 이화여자대학교 문헌정보학과 박사과정(greatjob75@naver.com) (제1저자)
** 대외경제정책연구원 자료팀장(jekim@kiep.go.kr) (공동저자)
*** 포스코경영연구소 지식정보팀장(ykmin@posri.re.kr) (공동저자)
■ 논문접수일자: 2010년 2월 20일 ■ 최초심사일자: 2010년 2월 28일 ■ 게재확정일자: 2010년 3월 10일
■ 정보관리학회지, 27(1): 249-267, 2010. [DOI:10.3743/KOSIM.2010.27.1.249]

1. 서론

연구자의 연구성과를 평가하기 위해 일반적으로 계량정보학적 방법이 널리 활용되고 있다. 그 중에서도 가장 활발하게 연구가 진행되고 있는 인용 분석은 새로운 기법과, 대량의 계량 서지적 데이터를 축적하고 조작할 수 있는 컴퓨터의 등장, 분석단위의 다양화, 그리고 ISI 인용색인 데이터베이스의 발전으로 인해 활용도가 증가하고 있다.

인용 데이터를 기반으로 연구자의 객관적인 연구 성과를 나타내는 지표로 최근 급속히 확산되고 있는 h-지수는(Hirsch 2005) 지수의 강건성과 공식의 간단명료함, 계산의 용이성으로 인해 연구자의 영향력을 평가하는 지표로 많은 관심을 받고 있다. h-지수가 제안된 이후 이를 보완한 많은 변형 지수들이 제안되었으며, 이를 이용한 연구자 개인의 영향력 평가는 물론, 저널, 학과, 대학, 연구소 등 기관단위 평가를 하려는 시도가 이루어지고 있다.

h-지수를 이용한 기관단위의 평가에는 Braun 등(2006)이 저널에 사용한 방법을 기관에 적용한 기관 h-지수, 연구자별로 산출된 지수를 기관단위로 합한 다음 소속 교수 수로 나누어 구하는 평균 h-지수(Lazardis 2010), Prathap (2006)이 해당 기관에 최소한 h이상의 h-지수를 가진 연구자가 h명 있을 때를 기관의 h-지수로 제안한 메타 h-지수의 세 가지가 있다. 이 방법들은 제안 후, 각각 다른 기관에 적용되어 연구된 적은 있으나 이 세 가지 방법을 동일한 기관단위 평가에 적용하여 그 방법론을 비교분석한 연구는 아직까지 이루어지지 않고 있는 실정이다.

따라서 본 연구는 지금까지 기관단위 평가를 위해 제안된 세 가지 방법론을 모두 활용하여 국내 기관의 평가를 시도하였다. 이를 위해 국내 10개 경영대학 소속 교수들을 대상으로 h-지수 및 변형지수를 분석하여 지수별 특징과 상관관계를 살펴보고, 기관평가에 사용되는 세 가지 방법론을 모두 적용하여 각 방법론을 비교 분석하였다.

2. 선행연구

Hirsch(2005)가 h-지수를 제안한 후 1년 만에 30여 편의 논문이 쏟아져 나올 만큼 h-지수는 학계의 폭발적인 관심을 불러일으켰다. 그 후 이를 여러 학문 분야에 적용하거나, h-지수가 가지는 취약점을 보완한 새로운 지수와 이들 지수간의 상관관계를 규명하는 연구가 활발히 진행되었다.

Kosmulski(2006)는 19명의 폴란드 화학자들의 연구성과를 분석한 결과 이들의 h-지수와 h(2)-지수 간에 높은 상관관계($r=0.91$)를 보인다고 발표하였다. 이와 유사한 연구로 g-지수와 r-지수의 높은 상관관계는 Jin 등(2007)이 계량정보학 분야의 학자들에게 수여하는 프라이스 메달 수상자들을 대상으로 한 연구($r=0.99$)와 Schreiber(2008)가 26명의 물리학자를 대상으로 한 연구, 그리고 Arencibia-Jorge와 Rousseau (2009)의 기관단위 연구성과 분석($r=0.99$)에서도 규명되었다. Ravichandra(2007)는 광류(optical flow) 평가 분야 168명 학자들의 h-지수와 g-지수 간에도 높은 상관관계($r=0.97$)가 나타난다는 실험결과를 발표

하였다. Bornmann 등(2008, 2009)은 h-지수의 변형지수 중 9개를 대상으로 요인분석과 회귀분석을 통해 이를 연구자가 발표한 핵심 논문 수에 크게 영향을 받는 생산성 지수군(h-지수, m-quotient, g-지수, h(2)-지수)과 그 논문들의 피인용수, 즉 핵심논문의 영향력에 크게 영향을 받는 영향력 지수군(a-지수, m-지수, r-지수, ar-지수, hw-지수)으로 구분하였다.

h-지수는 원래 개인의 연구성과를 측정하기 위해 제안된 것이었으나, 이를 확장하여 저널 평가에 적용하거나(Braun 등 2006), 기관단위 평가를 위해 활용하거나(Prathap 2006), 저널-출판사-국가, 혹은 연구자-기관-연구집단-국가 등 상위 레벨로 확대하여 연속적인(successive) h-지수(Schubert 2007, Arencibia-Jorge et al. 2008, Ruane & Tol 2008)를 구하는 등 다양한 방면으로 응용되고 있다.

이 중 Prathap(2006)은 한 기관에서 생산된 논문을 피인용순으로 정렬하여 기관의 h-지수를 구하는 방법(h_1)과 그 기관에 소속된 연구자들을 h-지수 순으로 정렬하여 다시 h-지수를 산출하는 방법(h_2), 즉 h-지수의 h-지수인 메타-h지수를 제안하였다. Grant 등(2007)과 Luz 등(2008)은 Prathap의 첫 번째 방법으로 기관단위 h-지수를 계산하여 기관의 순위를 제시했다. Luz 등(2008)의 연구에서는 브라질 심리학과 박사후과정 프로그램에 대한 대학단위 평가를 수행한 결과, 기관단위 h-지수가 총 논문 수, 총 피인용 수 등 전통적인 계량정보학적 지수들과 높은 상관관계를 보이는 것으로 나타났다. Arencibia-Jorge와 Rousseau(2009)는 Prathap이 제안한 두 가지 방법으로 쿠바의 12개 두뇌관련 연구기관들의 h-지수를 산출하였

는데 두 방법 간에는 높은 상관관계를 보인다고 하였다. Lazaridis(2010)은 Prathap이 제시한 기관단위 h-지수 중 첫 번째 방법은 소수의 생산성 높은 연구자들에 의해 기관의 h-지수가 많은 영향을 받을 수 있고, 두 번째 방법은 기관의 크기, 즉 기관에 소속된 연구자의 수가 반영되지 않는다는 단점을 지적했다. 이를 위한 대안으로 기관 소속 연구자들의 h-지수의 평균값이나 중앙값이 기관단위 평가에 보다 적합하다고 제안하였다.

3. 연구성과 평가지수

3.1 h-지수

개인 연구자의 연구성과를 계량적으로 측정하기 위한 방법으로 발표논문 총수, 총 인용빈도, 논문당 평균 인용빈도, 일정빈도 이상 인용된 논문 수, 일정 순위 이상인 논문의 인용빈도 집합 등이 일반적으로 널리 활용되어 왔다. 그러나 Hirsch(2005)는 이러한 단순한 지표들이 <표 1>과 같은 단점을 가진다고 지적하였다.

Hirsch는 이러한 단점들을 극복할 수 있는 지수로써 h-지수를 제안하였는데, 어떤 연구자의 N_p 개 논문 중에서 h개의 논문은 최소 h번 이상씩 인용되었고, 나머지 N_p-h 개 논문은 모두 개별 인용빈도가 h번 이하이면 그의 h-지수는 h라는 것이다. 즉, 어떤 연구자의 논문을 인용빈도가 높은 순부터 배열하여 논문의 인용빈도가 논문의 순위보다 크거나 같은 마지막 논문의 순위를 그 연구자의 h-지수로 하는 것이다. <표 2>는 h-지수를 산출하는 예를 보여주는 자료로,

〈표 1〉 연구자 연구성과 평가지수의 장단점

척도	장점	단점
발표논문 총 수	생산성 반영	• 논문의 중요도나 영향력 평가 불가능
총 인용빈도	총 영향력 반영	• 완벽한 산출 불가능 • 공저자로 참여한 한 두 논문의 인용빈도가 높을 경우 과대평가
논문당 평균 인용빈도	연구 경력에 따른 불평등 제거	• 완벽한 산출 불가능 • 생산성 높은 연구자에게 불리
일정빈도 이상 인용된 논문 수	위 지수들의 단점 대부분 극복	• 일정 빈도의 값을 정하는 것이 임의적인 데서 오는 불평등 문제
일정 순위 이상인 논문의 인용빈도 집합	위 지수들의 단점 대부분 극복	• 여러 개의 값을 비교해야 함 • 일정 순위의 값을 정하는 것이 임의적인 데서 오는 불평등 문제

출처: Hirsch(2005).

〈표 2〉 연구자별 h-지수 예시

인용순위	A 연구자 논문별 피인용수	B 연구자 논문별 피인용수	C 연구자 논문별 피인용수
1	11	6	20
2	6	5	3
3	5	4	2
4	3	4	1
5	2	3	
6	2	1	
7	1	1	
8	1	1	
총 인용	31	25	26
평균	3.9	3.1	6.5
h-지수	3	4	2

A 연구자의 h-지수는 피인용수가 순위보다 큰 3이 되며, B 연구자는 4, C 연구자는 2의 값을 갖는다.

h-지수가 갖는 장점으로 지수의 강건성을 들 수 있다. 즉 피인용도가 낮은 여러 개의 논문이나 혹은 피인용도가 높은 몇 개의 연구 실적에 영향을 받지 않는다는 것이다. 그리고 ISI WoS(Web of Science) 등 데이터베이스를 활용하여 지수 계산을 용이하게 할 수 있다. 따라서 h-지수는

인용빈도가 높은 소수 논문에 크게 영향 받을 여지를 없애고 연구 생산성과 발표논문의 중요도를 함께 반영하는 지표라고 할 수 있다(Lehmann et al. 2006). 그러나 h-지수는 자기인용과 공저자의 영향을 받으며, 학문 분야간 비교가 어렵고, 동률값의 빈발로 인해 변별력이 낮고, 논문 발표 및 인용 경력이 짧은 신진 연구자에게 불리한 점 등 여러 문제점을 갖는다(이재윤 2006, Bornmann and Daniel 2007, Jin et al. 2007).

3.2 h-지수의 변형지수

h-지수가 갖는 몇 가지 문제점을 보완하고자 이를 변형한 여러 가지 변형지수가 제시되었다. g-지수(Egghe 2006)는 h-지수 산정 시 상위 논문이 추가 인용되더라도 지수 향상에 전혀 반영되지 않는 점을 보완하기 위해 제시된 지수이다. g-지수는 주어진 논문집합에서 인용빈도 상위 g개 논문의 인용빈도 합이 g의 제곱 이상인 최하위 순위 g가 이 논문집합의 g-지수이다. 이 경우 상위 g+1개 논문의 인용빈도 합은(g+1)의 제곱보다 작다. g-지수는 상위권 논문의 개수뿐만 아니라 개별 인용빈도가 그대로 반영되므로 이를 무시하는 h-지수에 비해 직관과 더 일치하는 결과를 얻을 수 있다. 그러나 g-지수는 피인용수가 높은 상위 몇 편의 논문에 크게 영향을 받는 단점을 가지고 있다(Tol 2009).

h_s -지수와 g_s -지수(이재운 2006)는 최상위 논문의 인용빈도에 전혀 영향을 받지 않는 h-지수와, 반대로 지나치게 영향을 받는 g-지수의 절충방안으로 국내에서 제안되었다. 이들은 논문 인용빈도의 제곱근을 각 지수 순위까지 더하여 산출하는 방식으로, 이재운(2006)은 h_s -지수와 g_s -지수를 가상 자료와 실제 연구자와 대학을 대상으로 실험한 결과 제안한 개량 지수가 h-지수 및 g-지수에 비해서 변별력이 더 높고 합리적인 결과를 산출한다고 결론지었다.

m-quotient(Hirsch 2005)는 h-지수가 연구자의 전체 연구 경력을 대상으로 평가하는 지표로 연구경력이 오래 될수록 유리한 점을 감안하여 최초 논문을 발표한 이후 경과한 해수로 h-지수를 나눈 것으로, Hirsch가 h-지수의 문제점을 보완하기 위하여 h-지수와 함께 제시한

지수이다. m 값이 크다는 것은 연구자의 인용 영향력이 빠르게 향상되었다는 것을 나타낸다.

h(2)-지수(Kosmulski 2006)는 연구자의 총 논문 중에서 인용빈도 상위 h(2)개 논문의 인용빈도가 h(2)의 제곱 이상인 최하위 순위 h(2)가 연구자의 h(2)-지수가 된다. 즉 연구자의 논문을 인용빈도가 높은 순으로 나열한 다음, 논문의 인용빈도가 논문 순위(h(2))의 제곱보다 크거나 같은 마지막 논문의 순위가 h(2)-지수가 된다. h(2)-지수는 g-지수와 같이 피인용수가 높은 상위의 논문에 영향을 받는다는 단점이 있으며 항상 h-지수보다 낮은 값을 갖는 특징이 있다.

a-지수(Jin 2006)는 연구자의 h 순위 내에 있는 논문들의 평균 인용빈도를 구한 값으로, 연구자의 h-지수를 구한 후 h-지수까지의 인용빈도를 더한 값을 h-지수로 나누어 구한다. 이 값은 연구자의 생산성을 규명하는 반면 h-지수로 나눔으로써 h-지수가 높은 연구자들은 상대적으로 낮게 평가된다는 단점을 가지고 있다(Bornmann et al. 2008).

r-지수(Jin et al. 2007)는 a-지수가 h-지수로 나눔으로써 생기는 문제를 해결하기 위해 연구자의 상위 h개 논문의 인용빈도 합을 h로 나누는 대신 제곱근 취하였다. r-지수는 a-지수와 유사하게 h 순위 내에 있는 인용의 강도를 측정하나 매우 높은 인용빈도를 갖는 소수 논문에 민감하게 반응하는 문제점이 있다.

ar-지수(Jin et al. 2007)는 h-지수가 시간이 경과하여도 결코 감소하지 않는 문제를 해결하기 위하여 분모에 논문의 출판 이후 경과한 해수를 도입하여 시간의 경과에 따라 연구성과의 영향력 정도가 감소하도록 한 것이다. 따라서

〈표 3〉 h-지수 및 변형지수의 정의

지 수	정 의
h-지수	연구자의 N_p 개 논문 중에서 h 개의 논문은 최소 h 번 이상씩 인용되었고, 나머지 N_p-h 개 논문은 모두 개별 인용빈도가 h 번 이하이면, 그 연구자의 h -지수는 h
g-지수	인용빈도가 상위 g 개 논문의 인용빈도 합이 g 의 제곱 이상인 최하위 순위
h_s -지수	h 위 이내 논문의 인용빈도 제곱근을 합하여 산출 $h_s = \sum_{r=1}^h \sqrt{C(r)}$. $C(r)$ 은 순위가 r 인 논문의 인용빈도
g_s -지수	g -지수로 산출된 g 보다 인용빈도 순위가 높거나 같은 논문의 인용빈도에 제곱근을 취하여 합산 $g_s = \sum_{r=1}^g \sqrt{C(r)}$. $C(r)$ 은 순위가 r 인 논문의 인용빈도
m-quotient	h -지수를 논문을 처음 발표한 이후 경과한 햇수(y)로 나눈 값 $m\text{-quotient} = h/y$
$h(2)$ -지수	인용빈도 상위 $h(2)$ 개 논문의 인용빈도가 $[h(2)]^2$ 이상인 최하위 순위 $h(2)$
a-지수	h 순위 내에 있는 논문들의 평균 인용빈도 $a = \frac{1}{h} \sum_{j=1}^h cit_j$. h 는 h -지수, cit 는 인용빈도
r-지수	상위 h 개 논문의 인용빈도 합의 제곱근 값 $r = \sqrt{\sum_{j=1}^h cit_j}$. h 는 h -지수, cit 는 인용빈도
ar-지수	상위 h 개 논문의 년도당 평균 인용빈도의 합에 대한 제곱근 값 $ar = \sqrt{\sum_{j=1}^h \frac{cit_j}{a_j}}$. h 는 h -지수, cit 는 인용빈도, a 는 출판이후 경과햇수

출처: Hirsch(2005), Egghe(2006), Bornmann et al.(2007), 이재윤(2006), Kosmulski(2006) 참조하여 정리

ar-지수는 시간이 경과함에 따라 높아질 수도, 낮아질 수도 있다.

a-지수, r-지수, ar-지수, h_s -지수는 h-지수까지의 인용빈도를 계산식에 포함한다는 공통점을 갖는다. 이상에서 살펴본 지수들의 정의를 정리해 보면 〈표 3〉과 같다.

4. h-지수 및 변형지수 비교분석

본 연구에서는 한경비즈니스가 전국 경영대학을 대상으로 평가한 2008년 종합순위에서 10

위)까지의 대학에 속한 교수들을 대상으로 h-지수 및 변형지수를 산출하여 특성을 파악하고, 각 지수 간 상관관계를 분석하였다. 한경비즈니스의 평가는 2007년 데이터를 기준으로 실시되었으므로, 2007년 당시 해당 대학에 재직 중인 교수만을 포함하였고, 외국인 교수는 제외하여 총 447명을 실험집단으로 선정하였다.

인용정보는 한국학술지인용색인(KCI)(<http://www.kci.go.kr>)을 이용하였으며, 1990년부터 2007년도까지 발간된 논문을 대상으로 하였다. 한국학술지인용색인은 2004년부터 2007년까지의 인용정보만을 제공하고 있기 때문에 인

1) 1위 고려대, 2위 연세대, 3위 서울대, 4위 성균관대, 5위 한양대, 6위 서강대, 7위 중앙대, 8위 경희대, 9위 부산대, 10위 건국대.

용정보는 2004년-2007년으로 제한되었으며 자기인용과 공저자를 모두 포함하였다. 인용정보 수집은 2010년 1월 18일부터 2월 8일까지 진행되었으며, 총 2,826개 논문과 4,877건의 인용정보가 수집되었다.

수집된 인용정보 및 서지정보를 기반으로 h-지수 및 변형지수를 산출하였다. 산출된 지수는 h-지수를 포함하여, 국외에서 h 변형지수로 이미 제안되어 다양한 학문 분야를 대상으로 실험된 g-지수, m-quotient, h(2)-지수, a-지수, r-지수, ar-지수와 국내에서 최초로 제안된 h 변형지수인 h_s-지수, g_s-지수를 포함한 총 9개 지수이다. 각 지수의 특성 및 상관관계를 분석하기 위해 교수 별 1위 논문의 인용빈도(이하 Max), 발표 논문 총수, 논문 당 평균 인용빈도, 최소 1번 이상 인용된 논문 수, 3번 이상 인용된 논문 수, 교수별 상위 3위 이내 논문의 인용빈도 합계(이하 Sum3)를 제시하였다.

위와 같은 과정을 통해 산출된 h-지수 및 변형지수들의 최대값, 최소값, 평균, 표준편차, 중앙값을 살펴보면 <표 4>와 같다.

<표 4>를 보면 h-지수는 최소값 0, 최대값 8, 평균 1.36, 표준편차 1.35로 h(2)의 최대값, 평

균, 표준편차 보다 큰 값을 가지며, g-지수의 값들보다는 작은 값을 가지는데 이는 Bornmann 등(2008)의 연구결과와 동일하다. 국내에서 제안된 h_s-지수와 g_s-지수는 외국에서 제안된 지수에 비해 최대값과 표준편차가 크게 나타났으며, 지수 산출시 누적값을 이용하는 h_s-지수, g_s-지수, a-지수, r-지수의 최대값 및 평균이 다른 지수들에 비해 크다는 것을 알 수 있다.

h-지수는 동률값 빈발로 인한 낮은 변별력이 단점으로 지적되고 있는데(Batista et al. 2005, Cronin and Meho 2006), 본 연구에서는 h-지수와 함께 h(2)-지수도 낮은 변별력을 가지는 것으로 나타났다. <표 5>와 <그림 1>을 보면 h(2)-지수의 최대값은 3, 최소값은 0으로 h-지수 보다 지수 값 범위가 작으며, h(2)-지수가 1인 교수가 무려 전체의 55%(245명)를 차지하여 h-지수가 1인 교수가 36%(159명)인 것과 비교하면 더 변별력이 떨어졌다.

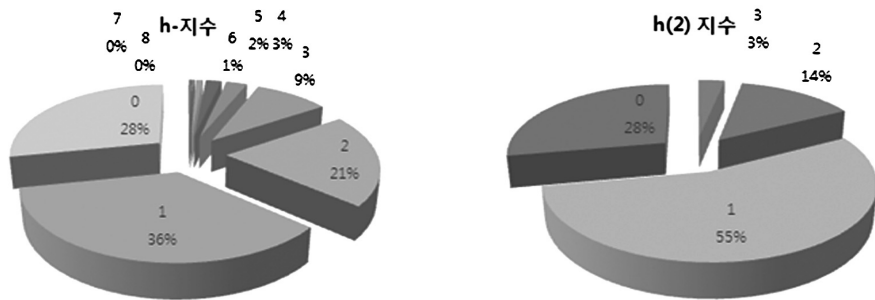
m-quotient는 h-지수가 연구자의 평생 업적을 기반으로 평가하기 때문에 경력이 긴 연구자에게 유리하다는 단점을 보완하기 위해 제안된 지수이다. 그러나 본 연구의 실험 결과를 보면 m-quotient는 경력이 긴 교수에게는 불리

<표 4> h-지수 및 변형지수들의 최대값, 최소값, 평균, 표준편차, 중앙값

지수	최소값	최대값	평균	표준편차	중앙값
h-지수	0	8.00	1.36	1.35	1.00
m-quotient	0	1.33	0.26	0.25	0.20
g-지수	0	12.00	1.91	2.09	1.00
h _s -지수	0	30.72	3.09	4.30	1.73
g _s -지수	0	40.02	3.70	5.50	1.73
h(2)-지수	0	3.00	0.92	0.74	1.00
a-지수	0	26.00	3.39	4.20	2.00
r-지수	0	11.40	2.04	2.08	1.73
ar-지수	0	5.95	1.05	1.03	0.91

〈표 5〉 h-지수 및 h(2)-지수 구성 비율

h-지수	교수 수	비율(%)	h(2)-지수	교수 수	비율(%)
8	2	0.45	3	14	3.13
7	1	0.22	2	63	14.09
6	4	0.89	1	245	54.81
5	9	2.01	0	125	27.96
4	12	2.68			
3	42	9.40			
2	92	20.58			
1	159	35.57			
0	126	28.19			



〈그림 1〉 h-지수 및 h(2)-지수 구성 비율

하고 경력이 짧은 신입 교수에게는 과도하게 유리한 결과를 나타냈다. 예를 들면, 2007년에 처음으로 논문을 발표하고 당해 연도에 1번 인용을 받은 신입 교수가 h-지수는 1로 163위이나 m-quotient 값은 1로 5위로 상승한 경우가 있었으며, 반면에 연구 경력이 11년인 교수는 h-지수는 3으로 70위인 반면 m-quotient는 0.27로 190위를 차지하였다. 〈표 6〉은 m-quotient 값이 1 이상인 15명의 각 지수 값과 최초 논문 발표 이후 경과 했수를 나타낸 것으로, 상위 15명 안에 7명의 교수가 경력이 2년 이하인 것을 볼 수 있으며 h-지수가 7인 교수와 h-지수가 1인 교수가 같은 m-quotient 값을 가지는 문제

점을 발견할 수 있다.

h-지수 및 변형지수의 특성을 좀 더 심층적으로 살펴보기 위해 피어슨 상관 분석을 실시하였는데 그 결과 흥미로운 사실이 발견되었다. 우선, 9개 지수간의 상관관계 분석 결과인 〈표 7〉을 보면, 유의수준 0.01에서 매우 높은 상관관계를 가지는 지수 쌍을 발견할 수 있다. h-지수와 h_s-지수(0.94), h-지수와 g-지수(0.93), g-지수와 r-지수(0.98), g_s-지수와 h_s-지수(0.99), ar-지수와 r-지수(0.93)는 피어슨 상관계수 0.9이상으로 두 지수 간 상호 밀접한 관계를 가지고 있다. 특히, g-지수와 r-지수의 높은 상관관계는 Jin 등(2007)과 Schreiber(2008)가 실험한 결과와 일치하며,

〈표 6〉 m-quotient 상위 15명(m-quotient 10이상)

순위	교수	m-quotient	h-지수	g-지수	h _s -지수	g _s -지수	a-지수	r-지수	ar-지수	h(2)-지수	경과했수
1	A1	1.33	8	12	30.72	40.02	16.25	11.40	5.95	3	6
2	B1	1.20	6	9	20.36	27.07	12.33	8.60	4.44	3	5
2	C1	1.20	6	9	19.92	26.16	11.33	8.25	4.14	3	5
4	B2	1.14	8	10	27.68	32.37	12.25	9.90	4.76	3	7
5	C2	1.00	7	12	27.72	39.00	17.43	11.05	5.21	3	7
5	D1	1.00	6	10	21.66	31.04	13.67	9.06	4.33	3	6
5	B3	1.00	5	8	17.68	19.68	14.00	8.37	4.08	3	5
5	C3	1.00	5	8	15.98	22.22	10.60	7.28	3.66	3	5
5	E1	1.00	2	3	4.06	5.47	4.50	3.00	2.12	1	1
5	F1	1.00	2	2	2.83	2.83	2.00	2.00	1.41	1	2
5	A2	1.00	2	2	2.83	2.83	2.00	2.00	1.73	1	2
5	G1	1.00	1	1	1.73	1.73	3.00	1.73	1.73	1	1
5	D2	1.00	1	1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1	1
5	E2	1.00	1	1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1	1
5	F2	1.00	1	1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1	1

〈표 7〉 9개 지수 간 피어슨 상관분석 결과

	m-quotient	g-지수	h _s -지수	g _s -지수	a-지수	r-지수	ar-지수	h(2)-지수
h-지수	0.845	0.935	0.945	0.917	0.676	0.931	0.888	0.894
m-quotient		0.767	0.766	0.741	0.549	0.770	0.787	0.797
g-지수			0.962	0.963	0.846	0.984	0.915	0.876
h _s -지수				0.990	0.770	0.953	0.883	0.830
g _s -지수					0.775	0.943	0.869	0.812
a-지수						0.888	0.809	0.710
r-지수							0.930	0.889
ar-지수								0.851

* 유의 수준 0.01.

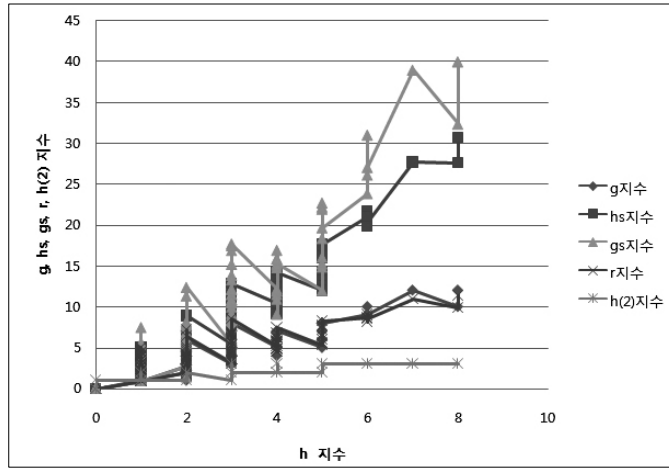
h-지수와 g-지수의 관계 또한 Ravichandra (2007)의 실험 결과를 증명하는 것이다.

〈그림 2〉는 h-지수 값에 따른 g-지수, h_s-지수, g_s-지수, r-지수, h(2)-지수 값의 변화를 그래프로 나타낸 것으로, h-지수 값이 증가함에 따라 이 지수들도 증가하는 것을 볼 수 있다.

〈표 8〉은 447명의 교수를 h-지수 순으로 정

렬한 다음 상위 16명(h-지수 5 이상)의 각 지수 순위를 나타낸 것으로, 다른 지수들에 비해 m-quotient와 a-지수의 경우 교수들의 순위가 크게 달라지는 것을 볼 수 있다.

9개 지수와 Max, 발표 논문 총수, 논문 당 평균 인용빈도, 최소 1번 이상 인용된 논문 수, 3번 이상 인용된 논문 수, Sum3과의 상관관계



〈그림 2〉 h-지수 변화에 따른 g, h_s, g_s, r, h(2) 지수 변화

〈표 8〉 h-지수 순 상위 16명의 각 지수 순위

교수	h-지수	m-quotient	g-지수	h _s -지수	g _s -지수	a-지수	r-지수	ar-지수	h(2)-지수
A	1	1	1	1	1	7	1	1	1
B	1	4	3	3	3	21	3	4	1
C	3	5	1	2	2	6	2	3	1
D	4	5	3	4	4	16	4	6	1
E	4	16	5	5	7	19	5	9	1
F	4	2	5	6	5	20	7	5	1
G	4	2	5	7	6	30	9	7	1
H	8	5	8	8	11	14	8	8	1
I	8	24	13	9	12	22	10	13	1
J	8	24	8	10	8	26	11	12	1
K	8	17	8	11	10	26	11	14	15
L	8	5	8	12	9	32	14	10	1
M	8	17	20	13	17	49	21	16	1
N	8	17	20	15	20	61	25	25	15
O	8	24	20	18	24	75	31	26	15
P	8	17	32	21	32	87	34	36	15

를 분석한 결과는 〈표 9〉와 같다. 분석결과 g-지수, h_s-지수, g_s-지수, a-지수, r-지수가 Max와 Sum3과 0.01 유의 수준에서 높은 상관관계를 가지고 있는 것으로 나타났다. 이는 위 지수

들이 인용빈도의 누적값을 이용하기 때문에 상위 논문의 인용빈도에 크게 좌우된 것이라 할 수 있다.

Bornmann 등(2008, 2009)은 h-지수 및 변

형 지수들을 크게 생산성 지수군과 영향력 지수군으로 구분하고 생산성 지수군으로 h-지수와 g-지수를, 영향력 지수군으로 a-지수와 r-지수를 제시하였다. 본 연구에서도 9개 지수를 연구자의 생산성을 나타내는 논문 총수와 최소 1번 이상 인용된 논문 수와 비교하였는데, <표 9>에서 볼 수 있듯이 h-지수와 g-지수가 비교적 높은 상관관계를 갖는 것으로 나타났고, 연구자의 영향력을 나타내는 논문 당 평균 인용빈도와 상관관계가 높은 지수로는 a-지수와 r-지수로 나타나 이전의 연구결과를 다시 확인하였다.

마지막으로 Max, 발표 논문 총수, 논문 당 평균 인용빈도, 최소 1번 이상 인용된 논문 수, 3번 이상 인용된 논문 수, Sum3들이 서로 간에 어떤 상관관계를 가지고 있는지를 분석하였다. 그 결과는 <표 10>과 같으며, 유의수준 0.01에서 분석해 보면 논문 총수와 최소 1번 이상 인용된 논문 수가 매우 높은 상관관계($r=0.9$)를 갖는 반면, 논문 총수와 Max는 약한 상관관계($r=0.491$)를 갖는다. 또한 논문 당 평균 인용빈도는 연구자의 생산성을 나타내는 논문 총수와는 상관관계가 낮은 것($r=0.266$)으로 나타났다.

<표 9> 9개 지수 피어슨 상관분석 결과

	Max	총 인용빈도	논문 총수	논문 당 평균 인용빈도	최소 1번 이상 인용된 논문 수	3번 이상 인용된 논문 수	Sum3
h-지수	0.699	0.867	0.755	0.602	0.851	0.893	0.839
m-quotient	0.554	0.687	0.568	0.539	0.665	0.708	0.662
g-지수	0.868	0.918	0.714	0.675	0.801	0.873	0.950
h _s -지수	0.823	0.969	0.691	0.677	0.805	0.932	0.945
g _s -지수	0.838	0.978	0.688	0.658	0.802	0.928	0.954
a-지수	0.931	0.752	0.489	0.814	0.552	0.629	0.881
r-지수	0.882	0.897	0.689	0.756	0.779	0.851	0.947
ar-지수	0.798	0.824	0.655	0.705	0.728	0.786	0.862
h(2)-지수	0.674	0.740	0.670	0.611	0.732	0.743	0.775

* 유의수준 0.01.

<표 10> Max, 총 인용빈도, 논문총수, 최소 1번 이상 인용된 논문 수, 3번 이상 인용된 논문 수간의 피어슨 상관분석 결과

	총 인용빈도	논문 총수	논문 당 평균 인용빈도	최소 1번 이상 인용된 논문 수	3번 이상 인용된 논문 수	Sum3
Max	0.837	0.491	0.752	0.567	0.670	0.950
총 인용빈도		0.694	0.635	0.815	0.933	0.941
논문 총수			0.266	0.900	0.743	0.607
논문당 평균 인용빈도				0.419	0.552	0.732
최소 1번 이상 인용된 논문 수					0.874	0.707
3번 이상 인용된 논문 수						0.822

* 유의 수준 0.01.

5. 기관단위 연구성과 평가방법 분석

h-지수를 이용해 기관을 평가하는 방법에는 세 가지가 있다. 첫 번째 방법은 기관에 속한 연구자들이 발표한 논문들 중에서 h개의 논문이 최소 h번 이상 인용되었을 때 그 기관의 지수를 h로 하는 것이다. 본 연구에서는 이 방법을 나머지 두 가지 방법과 구별하기 위해 “기관 h-지수”라 하겠다. 두 번째 방법은 “평균 h-지수”로, 기관에 속한 개별 연구자들의 h-지수를 산출한 다음 연구자들의 h-지수를 모두 합한 것을 소속 연구자 수로 나누어 연구자들의 평균 h-지수를 이용하는 것이다(Lazaridis 2010). 세 번째 방법은 “메타 h-지수”로, 기관에 최소한 h이상의 h-지수를 가진 연구자가 h명 있을 때 그 기관의 지수를 h로 정하는 것이다. 위의 세 가지 방법을 간단히 정리하면 <표 11>과 같다.

본 연구에서는 실험대상 10개 대학들을 h-지수, g-지수, a-지수, r-지수를 이용하여 위의 세 가지 방법으로 기관 평가를 실시해 보았다. 앞에서 지수들의 특징 및 상관관계를 분석한 결과를 바탕으로 변별력 문제가 제기된 h(2)-지수와 경력에 과도하게 민감한 m-quotient는 제외

하였고, 매우 높은 상관관계를 가지는 지수군 중에서 연구자의 생산성을 설명하는 h-지수와 g-지수, 연구자의 영향력을 반영하는 a-지수와 r-지수를 선택하여 실시하였다.

<표 12>는 기관 h-지수 방법으로 평가한 국내 10개 대학의 순위로 h-지수 순으로 정렬한 것이다. <표 12>를 보면, h-지수는 변별력이 낮았으며, g-지수는 Max의 영향을 받아 Max가 높은 대학들의 g-지수 순위가 h-지수 순위에 비해 상승하였다.

Molinari와 Molinari(2008)는 기관 h-지수 방법으로 기관을 평가할 경우, 다수의 연구원이 소속된 큰 기관들은 많은 논문을 발표하기 때문에 작은 기관에 비해 h-지수가 더 크다는 문제점을 지적하였다. 즉, 기관 h-지수 방법은 기관의 사이즈에 의존적이라는 것이다. 이에 본 연구에서는 기관 h-지수 방법으로 구한 각 지수와 교수 수, 논문 수와의 피어슨 상관관계를 분석하였는데 그 결과 각 지수는 교수 수 및 논문 수와는 상관관계가 없는 것으로 밝혀졌다.

또 다른 기관 h-지수 방법의 문제점으로 Lazaridis(2010)는 해당 기관에서 많은 논문을 생산하고 인용도 많이 받는 특정 교수들에 의해 그 기관의 h-지수가 결정된다는 것을 지적한 바

<표 11> h-지수를 활용하는 기관단위 평가방법

방법	정의
기관 h-지수	해당 기관에서 발표한 논문을 연구자에 상관없이 인용빈도 순으로 나열하였을 때, 논문의 인용빈도가 논문의 순위보다 크거나 같은 마지막 논문의 순위가 그 기관의 h-지수
평균 h-지수	기관에 속한 연구자들의 h-지수를 모두 합한 것을 소속 연구자 수로 나눈 연구자들의 평균 h-지수가 그 기관의 h-지수
메타 h-지수	기관에 속한 연구자들의 h-지수를 h-지수 순으로 나열하였을 때, 연구자의 h-지수가 연구자의 순위보다 크거나 같은 마지막 연구자의 순위가 그 기관의 h-지수

출처: Braun 등(2006), Prathap(2006), Lazaridis(2010) 참조하여 정리.

〈표 12〉 기관 h-지수 방법으로 평가한 국내 10개 대학 순위

대학명	h-지수	g-지수	a-지수	r-지수	교수 수	Max	논문 수
성균관대	1	2	2	2	39	33	297
연세대	2	1	1	1	60	61	434
고려대	3	3	5	3	70	29	343
경희대	4	7	7	7	51	23	272
서울대	5	4	4	5	47	46	247
중앙대	5	4	3	4	33	48	259
한양대	5	8	9	9	42	18	222
부산대	5	6	6	6	27	22	212
서강대	9	10	10	10	45	16	369
건국대	9	9	8	8	33	30	171

* h-지수 순 정렬.

있다. 본 실험 결과에서도 이를 증명하는 결과가 나타났는데, 〈표 13〉을 보면 고려대는 70명 중 6명, 서울대는 47명 중 4명, 경희대는 51명 중 6명, 부산대는 27명 중 5명이 해당 대학의 h-지수를 결정하였다. 이는 기관 h-지수 방법을 이용하여 기관의 영향력을 평가 할 때, 인용 빈도가 높은 소수 연구자에 의해 기관이 상대적으로 높게 평가되는 단점을 보여준 것이다.

〈표 14〉는 평균 h-지수 방법으로 평가한 국내 10개 대학의 순위이다. Lazaridis(2010)는 기관 h-지수 방법이 소수 영향력 있는 연구자에 의해 기관의 영향력이 결정되는 단점이 있다고 지적하며 이를 극복하기 위해 소속 연구자들의 평균 지수 값을 이용하자고 제안하였다. 그러나 이 방법은 h-지수 합을 소속 연구자 수로 나눈 평균값이므로 평가대상 기관들의 사이즈가 크게 다를 경우 연구자 수에 영향을 받을 수 있다. 이에 본 연구에서는 평균 h-지수 방법이 기관의 연구자 수와 상관관계가 있는지 알아보기 위해 각 지수와 교수 수간의 피어슨 상관분석을 실시하였으나 평균 h-지수 방법에 의해 산출된 각

지수들은 교수 수와 상관성이 없는 것으로 나타났다. 그러나 〈표 14〉를 보면 기관 h-지수 방법에 비해 교수 수가 상대적으로 적은 부산대와 중앙대의 순위가 상승하고 교수 수가 많은 고려대의 순위가 하락한 것을 볼 수 있었다. 그 원인을 알아보기 위해 해당 교수들의 h-지수와 피인용수를 분석한 결과, 고려대는 h-지수 최대 6, 최소 0으로 70명 중 h-지수가 0인 교수가 무려 25명(35%)인 반면, 부산대는 h-지수 최대 6, 최소 0으로 h-지수가 0인 교수가 4명(14%), 중앙대는 h-지수 최대 5, 최소 0으로 h-지수 0인 교수가 4명(12%) 이었다. 이를 통계적으로 어떤 의미가 있는지 알아보기 위해 산출된 각 지수와 교수 당 평균 피인용수와의 피어슨 상관 분석을 실시한 결과, 〈표 15〉와 같이 매우 높은 상관관계를 가지고 있었다. 이 결과를 통해 평균 h-지수 방법은 기관 h-지수 방법처럼 특정 연구자의 생산성 및 영향력에 의해 기관이 평가되는 문제점을 해결할 수 있으며, 연구자들의 생산성이 고르게 높은 기관의 영향력이 높게 평가되는 방법임을 입증하였다.

〈표 13〉 기관 h-지수 방법에 의한 서울대, 부산대, 경희대, 고려대의 h-지수

순위	대학명	교수	인용수	h-지수	순위	대학명	교수	인용수	h-지수
1	서울대	A	46	9	1	부산대	A	22	9
2	서울대	B	20		2	부산대	A	22	
3	서울대	A	20		3	부산대	B	20	
4	서울대	A	15		4	부산대	C	20	
5	서울대	A	13		5	부산대	D	18	
6	서울대	C	12		6	부산대	D	14	
7	서울대	D	10		7	부산대	A	12	
8	서울대	A	10		8	부산대	A	10	
9	서울대	A	9		9	부산대	E	9	
순위	대학명	교수	인용수	h-지수	순위	대학명	교수	인용수	h-지수
1	경희대	A	23	10	1	고려대	A	29	11
2	경희대	B	22		2	고려대	B	22	
3	경희대	C	16		3	고려대	B	18	
4	경희대	D	14		4	고려대	C	16	
5	경희대	A	13		5	고려대	D	16	
6	경희대	E	11		6	고려대	C	15	
7	경희대	B	11		7	고려대	E	15	
8	경희대	B	11		8	고려대	F	15	
9	경희대	C	10		9	고려대	C	13	
10	경희대	F	10		10	고려대	B	11	
					11	고려대	B	11	

〈표 14〉 평균 h-지수 방법으로 평가한 국내 10개 대학 순위(h-지수 정렬)

대학명	h-지수	g-지수	a-지수	r-지수	교수 수	교수 당 평균 피인용수	논문 수
성균관대	1	1	1	1	39	18.62	297
연세대	2	2	4	3	60	15.53	434
부산대	3	3	3	4	27	12.96	212
중앙대	4	4	2	2	33	13.67	259
서강대	5	5	8	6	45	9.24	369
경희대	6	6	5	5	51	8.69	272
고려대	7	7	6	7	70	8.86	343
한양대	8	8	10	8	42	8.29	222
서울대	9	9	9	9	47	8.04	247
건국대	10	10	7	10	33	6.45	171

〈표 15〉 평균 h-지수 방법의 피어슨 상관분석 결과

	h-지수	g-지수	a-지수	r-지수
교수 당 평균 피인용수	0.821	0.951	0.921	0.935

* 유의 수준 0.01.

〈표 16〉 메타 h-지수 방법에 의한 국내 10개 대학 순위

대학명	순위(메타 h-지수)	대학명	순위(메타 h-지수)
연세대	1(4)	서강대	4(3)
성균관대	1(4)	부산대	4(3)
고려대	1(4)	경희대	4(3)
한양대	4(3)	서울대	9(2)
중앙대	4(3)	건국대	9(2)

〈표 17〉 세 가지 기관 평가 방법 종합 비교

순위	기관 h-지수	평균 h-지수	메타 h-지수
1	성균관대(1)	성균관대(1)	성균관대(1)
2	연세대(2)	연세대(2)	연세대(1)
3	고려대(3)	부산대(3)	고려대(1)
4	경희대(4)	중앙대(4)	한양대(4)
5	중앙대(5)	서강대(5)	중앙대(4)
6	서울대(5)	경희대(6)	서강대(4)
7	부산대(5)	고려대(7)	부산대(4)
8	한양대(5)	한양대(8)	경희대(4)
9	건국대(9)	서울대(9)	서울대(9)
10	서강대(9)	건국대(10)	건국대(9)

* h-지수 순 정렬.

〈표 16〉은 메타 h-지수 방법으로 평가한 10개 대학의 순위로 메타 h-지수 값은 최대 4, 최소 2로 나타났다. 본 연구에서는 최대 h-지수가 8, 최소 h-지수가 0으로 h-지수 범위가 작다는 한계가 있지만 10개 대학 중 5개 대학이 동률값을 가지는 것은 기관을 평가함에 있어 변별력이 떨어지는 것이다. 따라서 메타 h-지수는 연구자들이 높은 h-지수를 갖는 연구 생산성이 활발한 학문 분야에서 이용될 때 평가 지표로서 의미를 가질 것이다.

지금까지 실험한 세 가지 평가방법을 h-지수 기준으로 종합해 보면 〈표 17〉과 같다. 10개 대학의 순위를 보면 기관 h-지수 방법과 메타 h-지수 방법은 비슷한 결과를 나타낸 반면 평

균 h-지수 방법은 중간 순위에서 약간의 차이를 보이고 있다. 이는 기관 h-지수 및 메타 h-지수는 기관을 한 단위로 보고 그 기관이 얼마나 많은 영향력 있는 논문을 발간했는지에 중점을 두었지만 평균 h-지수는 기관 내 각각의 연구자들이 얼마나 영향력 있는 논문을 발간했는지에 중점을 두어 평가하는 방법이기 때문에 차이가 나타나고 있다.

6. 결론

본 연구는 기관단위 연구성과를 평가하기 위한 방법으로 국외 연구에서 시도되고 있는 h-지

수와 변형지수를 국내 기관에 적용하여 지수의 특징과 기관단위 평가방법 세 가지를 비교분석해 보았다.

기관단위 평가를 위해 국내 10개 경영대학 소속 교수들을 대상으로 h-지수 및 변형지수들의 특징 및 상관관계를 분석하였다. 그 결과 h-지수와 h(2)-지수가 낮은 변별력을 갖는 것으로 나타났으며, m-quotient는 경력이 긴 교수에게는 불리하고 경력이 짧은 신입 교수에게는 과도하게 유리한 결과를 나타냈다. 상관관계에 있어서는 특히, g-지수와 r-지수, g_s -지수와 h_s -지수가 높은 상관관계를 가지며, g-지수, h_s -지수, g_s -지수, a-지수, r-지수는 인용빈도의 누적값을 이용하기 때문에 상위 논문의 인용빈도에 크게 영향을 받았다.

연구자의 양적 요인인 논문 총수와 최소 1번 이상 인용된 논문 수는 h-지수와 g-지수가 비교적 높은 상관관계를 가지는 것으로 밝혀졌으며, a-지수와 r-지수는 논문 당 평균 인용빈도와 상관관계가 높은 지수임이 재확인되었다. 또한 논문 총수와 최소 1번 이상 인용된 논문 수는 매우 높은 상관관계를 갖는 반면, 논문 총수와 Max는 약한 상관관계를 가지며, 논문 당 평균 인용빈도는 연구자의 생산성을 나타내는 논문 총수와는 상관관계가 매우 낮은 것으로 나타났다.

기관단위 연구성과 평가를 위해 기관 h-지수, 평균 h-지수, 메타 h-지수의 세 가지 방법을 적용한 결과는 다음과 같다.

첫째, 기관 h-지수 방법은 기관의 크기에 의존적이라는 기존의 연구결과와는 달리 교수 수 및 논문 수와는 상관관계가 없었으며, 인용빈도가 높은 소수 연구자에 의해 상대적으로 높게 기관이 평가될 수 있다는 문제점이 있다.

둘째, 평균 h-지수 방법은 기관의 연구자 수와는 상관관계가 없었으며, 기관 h-지수 방법처럼 특정 연구자의 생산성 및 영향력에 의해 기관이 평가되는 문제점을 극복할 수 있음이 확인되었다. 또한 이 방법은 소속 연구자들의 생산성이 고르게 높은 기관의 영향력을 높게 평가하는 방법임이 입증되었다.

셋째, 메타 h-지수 방법은 10개 대학 중 5개 대학이 동률값을 가져 변별력이 떨어졌다. 따라서 메타 h-지수는 연구자들이 높은 h-지수를 갖는 학문분야에서 이용될 때 평가방법으로서의 의미를 가질 것이다.

본 연구는 국내 기관을 대상으로 h-지수 및 변형 지수들의 특징을 분석하고 이를 바탕으로 기관의 연구성과 평가 방법 세 가지를 모두 적용하여 비교분석을 했다는데 의의가 있다. 그러나 2004년부터 2007년까지의 인용데이터만을 제공하고 있는 한국학술지인용색인(KCI)의 한계로 인해 2008년 이후에 활발히 연구를 수행하고 있는 연구자들은 제외되었으며, 연구 논문이 주로 2000년 이후부터 수록되어 있어 그 전에 연구활동을 왕성하게 한 연구자의 경우에는 연구성과가 반영되지 못했다는 점이 제한점으로 작용하였다.

참 고 문 헌

- 이재윤. 2006. 연구성과 측정을 위한 h-지수의 개량에 관한 연구. 『한국정보관리학회지』, 23(3): 167-186.
- Arencibia-Jorge, R. et al. 2008. "Applying successive H indices in the institutional evaluation: A case study." *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 59(1): 155-157.
- Arencibia-Jorge, R. and R. Rousseau. 2009. "Influence of individual researcher's visibility on institutional impact: an example of Prathap's approach to successive h-indices." *Scientometrics*, 79(3): 507-516.
- Batista, P.D., M. G. Campiteli, O. Kinouchi, and A.S. Martinez. 2005. "An index to quantify an individual's scientific research valid across discipline." *Scientometrics*, 68(1): 179-189.
- Bornmann, L. and H. Daniel. 2007. "What do we know about the h index?" *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 58(9): 1381-1385.
- Bornmann, L., R. Mutz, and H. Daniel. 2008. "Are there better indices for evaluation purposes than the h index? A Comparison of nine variants of the h index using data from biomedicine." *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 59(5): 830-837.
- Bornmann, L., R. Mutz, & H. Daniel. 2009. "Do we need the h-index and its variants in addition to standard bibliometric measures?" *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 60(6): 1286-1289.
- Braun, T., W. Glänze, and A. Schubert. 2006. "A Hirsch-type index for journals." *Scientometrics*, 69(1): 169-173.
- Cronin, B. and L. Meho. 2006. "Using the h-index to rank influential information scientist." *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 57(9): 1275-1278.
- Egghe, L. 2006. "An improvement of the h-index: the g-index." *IISI Newsletter*, 2(1): 8-9.
- Grant, J., J. Olden, Neson. C. Lawler, and B. Silliman. 2007. "Academic Institutions in the US and Canada ranked according to research productivity in the field of Conservation Biology." *Conservation Biology*, 21: 1139-1144.
- Hirsch, J. E. 2005. "An index to quantify an individual's scientific research output." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102: 16569-16572. [cited on

- 2010.2.15].
<<http://www.pnas.org/content/102/46/16569.abstract>>.
- Jin, B. 2006. "h-index: an evaluation indicator proposed by scientist." *Science Focus*, 1(1): 8-9.(in Chinese). Quoted in Rousseau, R. 2006. "New developments related to the Hirsch index." [cited on 2010.2.19].
<<http://eprints.rclis.org/6376>>.
- Jin, B., L. Liang, R. Rousseau, and L. Egghe. 2007. "The R- and AR-indices: complementing the h-index." *Chinese Science Bulletin*, 52(6): 855-863. [cited on 2010.2.16].
<http://users.telenet.be/ronald.rousseau/CSB_Jin_et_al.pdf>.
- Kosmulski, M. 2006. "A new Hirsch-type index saves time and works equally well as the original h-index." *ISSI Newsletter*, 2(3): 4-6. [cited 2010.2.19].
<<http://sci2s.ugr.es/hindex/pdf/kosmulski2006.pdf>>.
- Lazaridis, T. 2010. "Ranking university departments using the mean h-index." *Scientometrics*, 82(2): 211-216.
- Lehmann, S., A. D. Jackson, and B. Lautrup. 2006. "Measures and mismeasures of scientific quality." [cited on 2010.2.19].
<<http://arxiv.org/abs/physics/0512238>>.
- Luz, M. et. al. 2008. "Institutional h-index: The performance of a new metric in the evaluation of Brazilian Psychiatric Postgraduation Programs." *Scientometrics*, 77(2): 361-368.
- Molinari, A. and J-F. Molinari. 2008. "Mathematical aspects of new criterion for ranking scientific institutions based on the h-index." *Scientometrics*, 75(2): 339-356.
- Oppenheim, C. 2007. "Using the h-index to rank influential British Researchers in information science and librarianship." *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 58(2): 297-301.
- Prathap, G. 2006. "Hirsch-type indices for ranking institutions' scientific research output." *Current Science*, 91(11): 1439.
- Ravichandra Rao, I.K. 2007. "Distributions of Hirsch-index and G-index: An empirical study." In D. Torres-Salinas & H.F. Moed(eds.), *Proceedings of the 11th conference of the international society for scientometrics and informetrics*(Vol.2, 655-658), Madrid, Spain : Spanish Research Council(CSIC). Quoted in Bornmann, L., Mutz, R. & Daniel, H. 2008. "Are there better indices for evaluation purposes than the h index? A Comparison of nine variants of the h index using data from biomedicine." *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 59(5): 830-837.
- Ruane, F. and R. Tol. 2008. "Rational(succes-

- sive) h-indices: an application to economics in the republic of Ireland.” *Scientometrics*, 75(2): 395-405.
- Schubert, A. 2007. “Successive h-indices.” *Scientometrics*, 70(1): 201-205.
- Schreiber, M. 2008. “An empirical investigation of the g-index for 26 physicists in comparison with the h-index, the A-index, and the R-index.” *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 59(9): 1513-1522.
- Schreiber, M. 2010. “Revisiting the g-index: the average number of citations in the g-Core.” *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 61(1): 169-174.
- Tol, Richard S. J. 2009. “The h-index and its alternatives: An application to the 100 most prolific economists.” *Scientometrics*, 80(2): 317-324.