

과학기술사업 평가를 위한 인력양성지수의 개발*

박 성 현¹⁾

요 약

이 논문은 과학기술을 진흥시키기 위한 국가적 차원의 연구사업들이 과학기술자를 양성하기 위하여 어느 정도 기여하고 있는가를 평가하기 위한 인력양성지수를 제안하는 것이 주요 내용이다. 인력양성지수에 영향을 주는 요인으로는 대학원생(연구조원) 수, 연구조원 중에서 석·박사 학위 취득자 수와 취업자 수, 발표논문 수 등이다. 제안된 인력양성지수에 의하여 과학재단의 우수연구센터 사업, 지역협력 연구센터 사업, 목적기초 연구 사업 등의 인력양성 기여도를 분석하였다. 이 사업들은 전반적으로 약간의 차이는 있으나 상당부분 인력양성에 기여하고 있음을 보여주고 있다.

1. 서론

여러 가지 기초과학연구사업이나 국가의 기타 사업에 따라서 과학기술인력의 양성을 위한 기여도에 차이가 있을 수 있다. 그 차이점을 계량화하여 상호비교하기 위하여, 그리고 하나의 연구사업에 대해서도 회계 연도가 지남에 따라 인력양성기여도가 어떻게 변해가고 있는지 알아보기 위하여 과학기술 인력양성지수(Manpower Cultivation Index: MCI)를 개발할 필요성이 있다. 하나의 과학기술 관련 정책사업이 과학기술 인력양성에 어느 정도 기여하는지 평가하는 것은 근본적으로 어려운 일이다. 왜냐하면 사람에 관한 평가는 계량화하기 어려운 측면이 있기 때문이다. 그럼에도 불구하고 하나의 정책사업에 대하여 시간에 지남에 따라 인력양성기여도가 어떻게 변해가고 있는가를 파악하는 것은 매우 중요한 일이므로, 이 논문에서 통계적 측면에서 고찰한 인력양성지수를 개발하고자 한다. 충분히 좋은 지수가 아닐 수 있으나 하나의 좋은 시도가 되리라고 본다. 통계학의 한 분석방법인 반응표면분석(response surface analysis)에서는 다특성(multiple responses)인 경우에 이를 동시 최적화(simultaneous optimization)하는 방안으로 Harrington (1965), Derringer와 Suich(1980) 등에 의하여 제안된 기대함수(desirability function)를 사용하는 것이 잘 알려져 있다. 이 기대함수를 사용한 접근방법에 근거하여 필자 등(박성현, 1981; 박성현과 박준오, 1997)에 의한 확장된 다특성 최적화 방안이 제안되기도 하였다. 이 논문에서 제안되는 MCI는 이러한 다특성 최적화 방법을 원용하여 인력양성기여도에 영향을 주는 몇 가지 요인을 다특성으로 간주하여 각각의 기대지수를 만들고, 이들의 함수로 MCI를 만드는 방법을 사용하였다.

* 본 논문은 과학재단이 지정한 서울대학교 복잡계통계센터의 부분적 지원에 의하여 작성되었음.

1) (151-742) (151-742) 서울 관악구 신림동 산 56-1, 서울대학교 자연과학대학 통계학과 교수

e-mail: parksh@plaza.snu.ac.kr

2. 인력양성지수의 제안

인력양성의 기여도에 영향을 줄 수 있는 요인으로는 다음과 같은 것을 들 수 있다.

1. 연구에 참여한 대학원생(연구조원) 및 신진연구인력(박사후 과정생 또는 계약교수 등)의 수(A)
2. 연구에 참여한 대학원생 중 석사·박사 학위 취득자 수(B) 단, B는 가중치를 사용하여 다음과 같이 정의하여 사용할 수도 있다. 이는 박사학위 취득자에게 석사학위 취득자보다 2배의 가중치를 준 것이나, 이 가중치는 다르게 잡을 수도 있다.

$$B = (\text{석사학위 취득자 수}) + 2(\text{박사학위 취득자 수}) \quad (2.1)$$

3. 연구에 참여한 대학원생 및 신진연구인력이 발표한 논문의 수(C) 단, C를 가중치를 사용하여 다음과 같이 정의하여 사용할 수도 있다. 이는 학술회의 논문, 국내학술지 논문, 국외학술지 논문, SCI 논문의 가중치를 각각 0.5, 1, 2, 3을 준 것이나 다르게 잡을 수도 있다.

$$C = 0.5(\text{학술회의 Proceedings 논문수}) + 1(\text{국내학술지 논문수}) + 2(\text{국외학술지 논문수}) + 3(\text{SCI 학술지 논문수}) \quad (2.2)$$

4. 연구에 참여한 대학원생 및 신진연구인력 중 취업한 자 수(E)
5. 연구비 총액(억원) (F)

위의 요인을 고려하여 %의 단위로 인력양성지수(MCI)를 다음과 같이 제안하고 싶다.

$$MCI(\%) = 100[D_1^{w_1} D_2^{w_2} D_3^{w_3} D_4^{w_4} D_5^{w_5}]^{1/(w_1+w_2+w_3+w_4+w_5)} \quad (2.3)$$

단,

$$D_i = \begin{cases} [y_i - y_{i*}]/[y_i^* - y_{i*}] & y_{i*} \leq y_i \leq y_i^* \text{ 인 경우} \\ 1 & y_i > y_i^* \text{ 인 경우} \\ 0 & y_i < y_{i*} \text{ 인 경우} \end{cases} \quad (2.4)$$

위에서 D_i 는 i 번째 항목의 기대지수(*desirability index*)로 $0 \leq D_i \leq 1$ 의 값을 갖고, 1에 접근할수록 인력양성기여도가 크다. D_i 를 계산하기 위하여 필요한 y_i 들은 다음과 같이 정의하여 사용하기로 하면, D_i 들은 다음과 같은 의미를 가진다.

- $y_1 = A/F =$ 연구비 1억원 당 연구에 참여한 대학원생 및 신진연구인력의 수
- $D_1 =$ 인력양성을 위한 인원수 기여도
- $y_2 = B/F =$ 연구비 1억원 당 연구에 참여한 대학원생 중 석사·박사 학위 취득자 수
- $D_2 =$ 인력양성을 위한 학위취득 기여도

- $y_3 = C/A =$ 연구에 참여한 대학원생 및 신진연구인력 1인 당 발표한 논문의 수
- $D_3 =$ 인력정예화를 위한 연구논문 발표 기여도
- $y_4 = E/A =$ 연구에 참여한 대학원생 및 신진연구인력 중 취업한 자의 비율
- $D_4 =$ 인력양성을 위한 취업기여도

D_i 를 계산할 때 이 값을 0에서 1 사이에 있게 하기 위하여 y_{i*} 와 y_i^* 를 다음과 정의하여 사용하기로 한다.

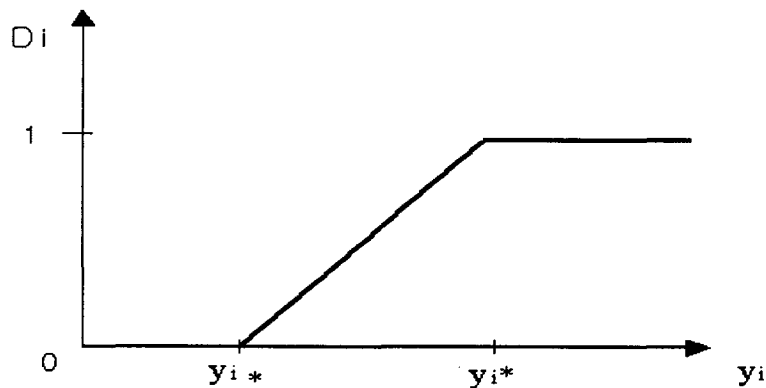
- $y_{i*} = i$ 번째 항목의 최저 허용치(minimum tolerance value)로, 이 이하이면 인력 기여도가 매우 불만족스러운 경우이다. 특별히 최저 허용치가 정해져 있지 않으면 0으로 놓아도 좋다.
- $y_i^* = i$ 번째 항목의 최고 만족치(maximum satisfying value)로, 이 이상이면 인력양성 기여도가 매우 만족스러운 경우이다.

D_i 들간에 중요성에 있어서 차이가 있을 수 있으므로, 이를 차별하기 위한 방법은 D_i 들간에 가중치를 사용하는 것이다. 이를 w_i 로 하여 다음과 같이 정의하여 사용하면 편리하다.

- $w_i = i$ 번째 항목 D_i 의 가중치(weight)로 양(positive)의 값을 갖고, 값이 클수록 중요한 항목이다. 보통 $0.5 \leq w_i \leq 2$ 의 값을 주는 것이 좋다. 항목을 평가할 수 없는 경우에는 이 가중치를 0으로 주면 평가에서 제외된다.

기대지수 D_i 를 알기 쉽게 그림으로 그려보면 [그림 1]이 된다.

[그림 1] 기대지수 D_i 그래프



[그림 1]에서 보면 D_i 의 값은 y_i 가 y_{i*} 보다 작으면 0, y_i^* 보다 크면 1의 값을 갖고, y_{i*} 와 y_i^* 의 사이에서는 직선적으로 증가하게 된다. MCI의 값은 [0, 100] % 사이의 값으로, 100에 가까울수록 인력양성기여도가 큰 사업으로 평가할 수 있다. 예를 들어보기로 하자.

[계산 예] 기초연구지원통계연보(한국과학재단, 2000)에 의하면 우수연구센터(SRC/ERC)의 1995년도 연구수행성과는 다음과 같다. 인력양성지수인 MCI를 구하여 보자.

[표 1] 우수 연구센터 연구수행성과(1995)

총연구 금액	논문발표실적(건)				연구 조원수	인력양성(명)	
	국내학술지	국외학술지	학술회지	SCI학술지		석사	박사
286.1억원	1,686	1,608	4,435	1,537	4,028	1,295	350

*자료 : 기초 연구지원 통계연보 (한국과학재단, 2000)

위의 데이터로부터 식 (1)과 (2)를 사용하기로 한다면

$$A = 4,028$$

$$B = 1,295 + 2350 = 1,995$$

$$C = 0.54 \cdot 4,435 + 1,686 + 21,608 + 31,537 = 11,730.5$$

$$F = 286.1$$

을 얻을 수 있다. D_4 (인력양성을 위한 취업기여도)에 대한 자료가 없으므로, D_4 의 가중치를 $w_4 = 0$ 로 하면 y_4 의 계산은 인력양성지수에 포함되지 않는다. 그리고, D_1, D_2, D_3 의 가중치를 $w_1 = w_2 = w_3 = 1$ 로 동일하게 하여 계산하기로 하자. 각 항목의 y 값을 계산하여 보면,

$$y_1 = A/F = 4,028 / 286.1 = 14.08$$

$$y_2 = B/F = 1,995 / 286.1 = 6.97$$

$$y_3 = C/A = 11,730.5 / 4,028 = 2.91$$

각 항목의 최저 허용치를 0으로 놓고, 최고 만족치를 각각

$$y_1^* = 12(\text{연구비 1억원당 12명의 대학원생 양성이면 만족이라고 가정})$$

$$y_2^* = 8(\text{12인 중 8인이 학위를 받으면 만족이라고 가정})$$

$$y_3^* = 4(\text{논문수가 1인당 4편이라면 만족})$$

으로 놓기로 하자. 최고 만족치를 어떻게 주는 것이 좋은가는 논의의 대상이 될 것이다. 이 경우에는 각 항목의 기대지수 D_i 를 다음과 같이 얻을 수 있다.

$$D_1 = [y_1 - y_{1*}] / [y_1^* - y_{1*}] = [14.08 - 0] / [12 - 0] = 1$$

$$D_2 = [y_2 - y_{2*}] / [y_2^* - y_{2*}] = [6.97 - 0] / [8 - 0] = 0.872$$

$$D_3 = [y_3 - y_{3*}] / [y_3^* - y_{3*}] = [2.91 - 0] / [4 - 0] = 0.728$$

따라서 인력양성지수 MCI는 다음과 같이 얻어진다.

$$MCI = 100[(1)(0.872)(0.728)]^{1/3} = 85.9\%.$$

3. 인력양성기여도 분석 사례

위에서 제안된 인력양성지수에 근거하여 지난 5년 간 과학기술부의 주요 기초과학연구사업의 인력양성기여도를 통계적으로 분석하여 보기로 하자. 먼저 우수연구센터인 SRC/ERC 들에 대한 분석을 위의 예와 동일한 방법으로 분석하여 보고, 다음으로 지역협력연구센터(RRC), 목적기초연구, 핵심전문, 특정기초에 대하여 분석하기로 한다.

가. 우수연구센터 지난 5년 간의 자료를 기초연구지원통계연보(한국과학재단, 2000)에서 발췌하면 다음과 같다.

[표 2] 우수연구센터 논문 발표 및 인력양성 실적

연도	논문발표실적(건)						인력양성(명)	
	총연구금액	국내지	국외지	학술회의지	SCI지	연구조원수	석사	박사
1995	286.1	1,686	1,608	4,435	1,537	4,028	1,295	350
1996	353	1,860	1,723	5,089	1,746	4,087	1,352	441
1997	429	1,842	1,976	5,167	1,934	5,282	1,660	477
1998	416	2,025	2,333	6,171	2,300	5,215	1,621	479
1999	441.1	1,707	2,178	6,015	2,138	4,155	1,397	388

*자료 : 기초연구지원통계연보 (한국과학재단, 2000)

앞의 예제와 동일한 방법으로 계산하되, 총연구금액은 1995년인 기준연도의 불변가격으로 다음과 같이 환산한다. 1995년도 불변가치로 수정된 총연구금액은 총연구금액을 소비자 물가지수(자료: 한국통계연감(통계청, 2000))로 나누어 얻어진다.

[표 3] 소비자 물가지수를 고려한 총연구금액 조정(우수 연구센터)

연도	논문발표실적(건)						인력양성(명)	
	총연구금액	국내지	국외지	학술회의지	SCI지	연구조원수	석사	박사
1995	286.1	1,686	1,608	4,435	1,537	4,028	1,295	350
1996	353	1,860	1,723	5,089	1,746	4,087	1,352	441
1997	429	1,842	1,976	5,167	1,934	5,282	1,660	477
1998	416	2,025	2,333	6,171	2,300	5,215	1,621	479
1999	441.1	1,707	2,178	6,015	2,138	4,155	1,397	388

*자료 : 기초연구지원통계연보 (한국과학재단, 2000)

[표 4] 우수연구센터 인력양성지수

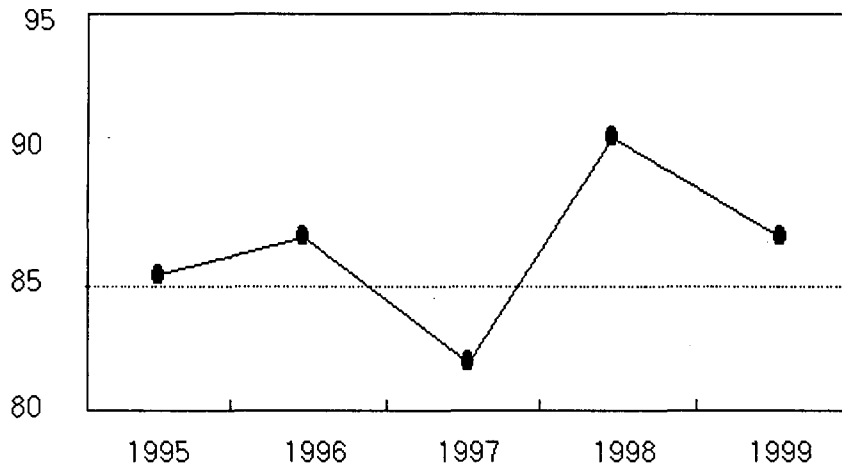
연도	논문발표실적(건)						인력양성(명)	
	총연구금액	국내지	국외지	학술회의지	SCI지	연구조원수	석사	박사
1995	286.1	1,686	1,608	4,435	1,537	4,028	1,295	350
1996	353	1,860	1,723	5,089	1,746	4,087	1,352	441
1997	429	1,842	1,976	5,167	1,934	5,282	1,660	477
1998	416	2,025	2,333	6,171	2,300	5,215	1,621	479
1999	441.1	1,707	2,178	6,015	2,138	4,155	1,397	388

*자료 : 기초연구지원통계연보 (한국과학재단, 2000)

인력양성지수를 연도별로 그래프를 그려보면 [그림 2]와 같다. 이 그림에서 보면 인력양성지수가 82-90%의 값을 가지고 있어 만족할 정도의 수준이다. 인력양성지수가 1997년도에 1996년에 비해 4.8% 포인트 떨어진 현상을 보이고 있는데, 이는 연구조원의 수가 전년

도에 비하여 29.2% 증가하였으나, 논문 발표 실적 면이나 석·박사 배출자의 증가폭이 상대적으로 적게 된 것이 원인이다.

[그림 2] 우수연구센터의 연도별 인력양성지수의 변화추이



또한 인력양성지수가 1999년도에 1998년도에 비하여 약간 감소하고 있는데, 이것은 [표 2]에서 보는 바와 같이 1999년도 실적(연구조원 수, 논문발표 실적, 석사 및 박사 인력양성 실적)이 감소하고 있는데 기인한 것이다. 그 이유로는 교육부의 BK21 사업이 시작되면서 상당수의 대학원생이 이 사업의 연구조원이 되면서, 우수연구센터의 연구조원의 수가 1998년도에 비하여 1000여명 감소한 것이 큰 원인이라고 보겠다. 그리고 총연구비는 증액되었으나 연구조원 수가 감소한 것은, 연구조원 1인당 받는 연구보조비의 규모가 1999년을 기점으로 커졌기 때문이다. 또한 논문발표는 국내지와 국외지 등에 발표되는 시점이 일반적으로 1-2년 늦게 나타나는 경우도 있으므로 1999년도 논문실적이 전부 집계된 것이 아닐 수도 있다. 따라서 1999년도 인력양성지수는 약간 하향 조정된 수치일 수도 있다.

나. 기타 연구사업의 인력양성지수 평가 지역협력연구센터(RRCs), 목적기초연구의 핵심전문과 특정기초에 대한 인력양성지수를 평가하기 위하여 기초연구지원통계연보(한국과학재단, 2000)에서 다음의 자료를 얻을 수 있다.

[표 5] 지역협력 연구센터와 목적기초연구의 실적

사업	연도	총 연구금액 (억 원)	논문발표실적(건)				연구 조 원수	인력양성		
			국내지	국외지	학술회의지	S C I지		석사	박사	
지역 협력 연구 센터	1995	16.5	110	42			202	64	16	
	1996	54.9	302	124			1,003	182	31	
	1997	72.0	545	174			1,251	336	33	
	1998	101.0	1,152	363			2,014	571	66	
	1999	165.0	1,813	777			2,746	789	91	
목적 기초 연구	핵심 전문	1995	123.41	273	181		207	3,235	557	61
		1996	160.25	657	402		879	3,801	1,025	169
		1997	187.31	846	468		250	4,015	1,543	376
		1998	185.75	593	587		1,147	4,093	2,906	1,062
		1999	110.56	553	671		1,727	1,794	849	135
	특정 기초	1995	153.91	811	575		1,386	3,401	863	213
		1996	193.74	697	329		1,354	4,466	595	133
		1997	217.65	839	830		2,170	4,370	835	147
		1998	212.95	836	925		975	3,913	1,100	212
		1999	323.16	825	738		2,521	2,940	1,113	182
	종합	1995	277.32	1,084	756		1,593	6,636	1,420	274
		1996	353.99	1,354	731		2,233	8,267	1,620	302
		1997	404.96	1,685	1,298		2,420	8,385	2,378	523
		1998	398.70	1,429	1,512		2,122	8,006	4,006	1,274
		1999	433.72	1,378	1,409		4,248	4,734	1,962	317

*자료 : 기초연구지원통계연보 (한국과학재단, 2000)

총연구금액을 1995년도 불변가격으로 환산하면 다음 [표 6]와 같다.

[표 6] 소비자물가지수를 고려한 총연구금액 조정(기타 한국과학재단 사업)

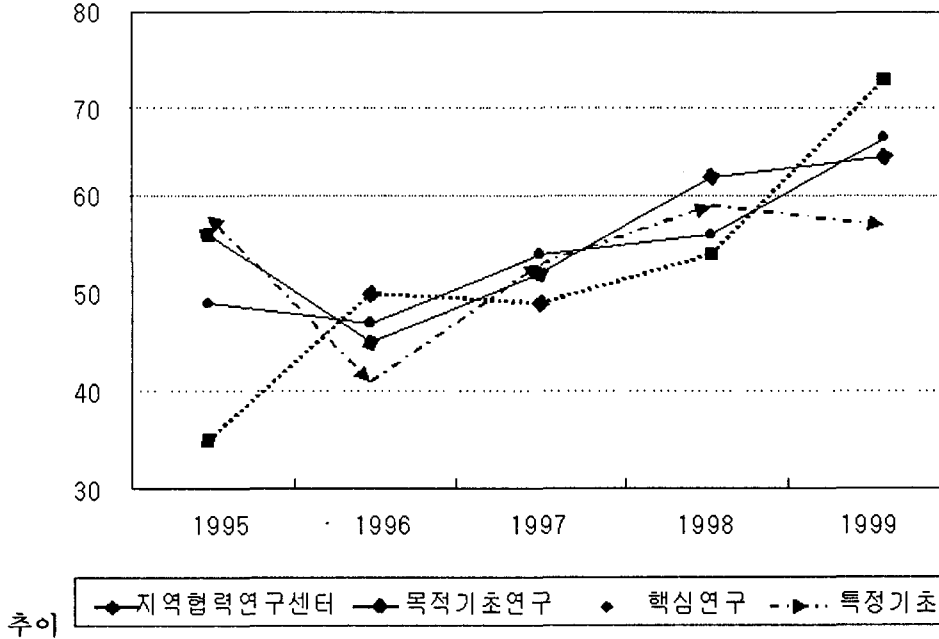
사업	연도	총연구금액(억원)	소비자물가지수	수정된	
				총연구금액(억원)	
지역협력 연구센터	1995	16.5	100.0	16.50	
	1996	54.9	104.9	52.33	
	1997	72.0	109.6	65.69	
	1998	101.0	117.8	85.74	
	1999	165.0	118.8	138.89	
목적 기초 연구	핵심 전문	1995	123.41	100.0	123.41
		1996	160.25	104.9	152.76
		1997	187.31	109.6	170.90
		1998	185.75	117.8	157.68
		1999	110.56	118.8	93.06
	특정 기초	1995	153.91	100.0	153.91
		1996	193.74	104.9	184.69
		1997	217.65	109.6	198.59
		1998	212.95	117.8	180.77
		1999	323.16	118.8	272.02
	종합	1995	277.32	100.0	277.32
		1996	353.99	104.9	339.45
		1997	404.96	109.6	369.49
		1998	398.70	117.8	338.46
		1999	433.72	118.8	365.08

[표 6]의 자료를 사용하여 인력양성지수(MCI)를 계산해보면 [표 7]을 얻을 수 있다. [표 7]에서 얻어진 인력양성지수를 그래프로 그려보면 [그림 3]을 얻을 수 있다. 이 그림에서 보면 지역협력연구센터의 인력양성지수는 최근 증가하고 있으나 아직 50-60%대에 그치고 있다. 이는 80%대에 있는 우수연구센터보다 인력양성 면에서 지역협력연구센터가 많이 떨어져 있음을 알 수 있다. 목적기초연구는 종합적으로 평가할 때 상승하고 있으나 아직 60%대를 벗어나지 못하고 있다. 목적기초연구를 구성하고 있는 '핵심전문'과 '특정기초'를 비교하여 보면, 핵심전문의 인력양성기여도는 획기적으로 증가하고 있으나, 특정기초의 인력양성기여도는 증가가 거의 없는 상태이다. 단, 98년과 99년 사이에 핵심전문연구 사업비가 급격히 감소한 것은 과학기술부와 교육부간의 업무조정을 통해 99년부터 핵심전문연구 지원사업 신규과제 선정을 위한 예산 배정이 중단되었고 계속과제 사업비만 예산에 반영되었기 때문이다. 99년의 MCI가 72.7%까지 증가한 것은 신규사업 없이 경쟁력을 검증 받은 사업만 계속해서 지원했기 때문이다. 이와 같이 MCI만으로 연구사업을 평가할 수는 없지만, 한 연구사업이 연도별로 어떤 성과를 거두고 있는지를 살펴보거나 여러 사업간 특성을 비교하는데 유용하게 사용될 수 있다.

[표 7] 지역협력 연구센터와 목적기초연구의 인력양성지수

사업	연도	A	B	C	F	y ₁	y ₂	y ₃	D ₁	D ₂	D ₃	MCI	
지역 협력 연구 센터	1995	202	96	194	16.50	12.24	5.82	0.96	1	0.728	0.240	55.9	
	1996	1,003	244	550	52.33	19.17	4.66	0.55	1	0.583	0.138	43.2	
	1997	1,251	402	893	65.69	19.04	6.12	0.71	1	0.765	0.178	51.4	
	1998	2,014	703	1,878	85.74	23.49	8.20	0.93	1	1	0.233	61.5	
	1999	2,746	971	3,367	138.89	19.81	6.99	1.23	1	0.874	0.308	64.6	
목적 기초 연구	핵심 전문	1995	3,235	679	738.5	123.41	26.21	5.50	0.23	1	0.688	0.058	34.2
		1996	3,801	1,363	1,900.5	152.76	24.88	8.92	0.50	1	1	0.125	50.0
		1997	4,015	2,295	1,907	170.90	23.49	13.43	0.47	1	1	0.118	49.0
		1998	4,093	5,030	2,340.5	157.68	25.96	31.90	0.57	1	1	0.143	52.3
		1999	1,794	1,119	2,758.5	93.06	19.28	12.02	1.54	1	1	0.385	72.7
	특정 기초	1995	3,401	1,289	2,654	153.91	22.10	8.38	0.78	1	1	0.195	58.0
		1996	4,466	861	2,032	184.69	24.18	4.66	0.45	1	0.583	0.113	40.4
		1997	4,370	1,129	3,584	198.59	22.01	5.69	0.82	1	0.711	0.205	52.6
		1998	3,910	1,524	3,173.5	180.77	21.63	8.43	0.81	1	1	0.203	58.8
		1999	2,940	1,477	3,561.5	272.02	10.81	5.43	1.21	0.901	0.675	0.303	56.9
	종합	1995	6,636	1,968	3,392.5	277.32	23.93	7.10	0.51	1	0.888	0.128	48.4
		1996	8,267	2,224	3,932.5	337.45	24.50	6.59	0.48	1	0.824	0.120	46.2
		1997	8,385	3,424	5,491	369.49	22.69	9.27	0.65	1	1	0.163	54.6
		1998	8,006	6,554	5,514	338.46	23.65	19.36	0.69	1	1	0.173	55.7
		1999	4,734	2,596	6,320	365.08	12.97	7.11	1.34	1	0.889	0.335	66.8

[그림 3] 지역협력연구센터, 목적기초연구(핵심전문, 특정기초)의 인력양성지수 변화



4. 제안된 인력양성지수의 문제점과 대책

앞에서 개발한 인력양성지수 MCI는 연구지원사업의 인력양성 기여도만을 평가하는 지표이지 연구지원사업의 전반적인 효과를 평가하는 지표는 아니다. 따라서 이 지수를 사용하여 연구지원사업을 평가하는 기준으로 삼는 것은 바람직하지 않다. 그러나 어떤 연구지원사업의 성과를 평가할 때에 인력양성기여도 측면을 평가항목의 하나로 본다면, 이 지수를 활용하여 인력양성기여도를 쉽게 평가할 수 있을 것이다. 본 논문에서 제시된 MCI는 인력양성에 국한하여 연구비 지원에 대한 성과를 계량화시킨 모형을 개발하였다는 점에서 의의를 가진다. 그러나 종국적으로는 연구성과 전체를 조망하는 연구성과 평가모형이 개발되어야 할 것이며, 이 평가모형이라는 큰 틀 속에서 인력양성에 관한 부분만을 논의할 때 여기서 제안된 MCI가 사용될 수 있는 것이다. 이 지수에 대하여 토론의 여지가 있는 몇 가지 사항을 지적하면 다음과 같다. 향후에 이 지수를 더욱 발전시킬 때 유용한 토론의 근거가 될 것이다.

가. 질적지수의 개발 이 지수에서는 인력양성 기여도에 영향을 주는 요인으로 다음과 같이 4가지를 선택하였다.

- y_1 = 연구비 1억원 당 연구에 참여한 연구조원의 수
- y_2 = 연구비 1억원 당 연구에 참여한 연구조원 중 석·박사학위 취득자 수
- y_3 = 연구조원 당 발표한 논문의 수

- y_4 = 연구조원 중 취업한 자의 비율

우선 이것들이 올바르게 선택한 요인들인지에 대한 검증이 필요하고, 추가로 더 선택할 요인이 없는지 연구되어야 한다. 그리고 이들은 모두 양적 요인으로, 질적인 요인을 감안한 지수의 개발이 필요하다. 예를 들면, 위에서 제안된 인력양성지수 MCI는 연구비 1 억원당 연구조원수가 많으면 지수가 높아지게 되어 있다. 그러나 우수연구센터사업의 경우 연구의 내실화와 우수한 연구인력 양성을 위하여 연구조원의 수를 제한하고 있는데, 이것이 인력양성을 등한히 한 것으로 나타나는 결과가 될 수 있다. 이런 경우에 질적인 노력을 감안한 지수를 개발할 필요가 있다. 또한 연구조원들이 연구사업에 참여하면서 인력양성 측면에서 어느 정도 만족하였는지에 대한 질적 평가는 포함되어 있지 않다. 그리고 연구조원 중 취업한 사람 중에서 취업한 직장에 대하여 어느 정도 만족하고 있는지도 반영되고 있지 못하다. 이 경우에는 D_5 라는 질적 평가항목을 추가하여 MCI의 공식을 다음과 같이 확대하면 해결될 수 있을 것이다.

$$MCI(\%) = 100[D_1^{w_1} D_2^{w_2} D_3^{w_3} D_4^{w_4} D_5^{w_5}]^{1/(w_1+w_2+w_3+w_4+w_5)}$$

D_5 와 w_5 는 질적인 평가를 실시할 때 정의하여 사용할 수 있을 것이다. D_5 의 값은 질적인 내용을 평가하는 항목을 다수 만들어 (0,1)의 사이 값을 주면 될 것이고, 가중치 w_5 는 그 중요도에 따라서 (0.5, 2)의 사이 값을 주면 될 것이다. D_5 를 구하는 한가지 방법을 제안하면 다음과 같다. 다음과 같은 N 가지 질문에 주관적으로 10 점 만점으로 하여 D_5 의 평균점수를 구한 후 10 으로 나누어 D_5 의 최종 기대지수로 하면 좋을 것이다. 각 질문에 대하여 10 점이 인력양성기여도가 최상이고 0 점이 최하인 것으로 한다.

- 질문 1 : 연구에 참여한 연구조원의 질은 우수한가? 연구조원은 선택적으로 선발하였는가?
- 질문 2 : 연구가 종료된 후에 취업한 연구조원들은 직장에 만족하고 있는가?
- 질문 3 : 연구 진행 중 연구조원들은 연구에 보람을 느끼고 있었는가?

나. 지수작성을 위한 가정과 전제조건 앞에서 제안된 인력양성지수는 계산할 때에 몇 가지 가정, 전제조건 또는 어려움을 가지고 있다. 이들에 대하여 적어보면 다음과 같다.

- 첫 번째로, 각 항목의 최저허용치 y_{i*} 와 최고만족치 y_i^* 에 대한 검증이 필요하다. 예를 들어, $y_1^* = 12$ (연구비 1 억원 당 12 명의 대학원생 양성이면 만족이라고 가정) 이라고 설정하였는데, 이에 대한 충분한 토론이 있는 후에 정하는 것이 타당할 것이다. 이 12 라는 수치는 연구비 830 만원당 1 인의 연구조원을 쓰는 수치로, 연구조원이 일년에 300 - 400만원 정도의 지원을 받는 것을 생각한 수치이다. 이 경우 연구비 1 억원 당 12 명의 연구조원이면 최고만족치라고 본 값이다. $y_2^* = 8$ (128)로 한 것은 연구기간이 보통 1년 단위로 이루어지며, 연구조원이 연구에 참여하기 시작하는 시점은 보통 입학 후 반년 정도 지난 후이고, 석사학위 배출기간은 2 년이므로, 연구가 종료되는 시점에서 3 명 중 2 명이 졸업하면 양호하다고 본 수치이다. 또한 12 명의 연구조

원 중에는 대학원생만이 아니라 신진연구인력(박사후 과정생과 계약교수)도 포함되어 있으므로 학위취득 대상자에서 신진연구인력을 제외하여야 할 것이다. 이 경우에는 12 보다 낮은 수치를 적용하여야 한다. 그러나 신진연구인력은 그 수가 매우 적고 통계데이터를 구하기 어려워 '128'하는 수치를 그대로 사용하였다. 그러나 이 값도 변화를 줄 수 있을 것이다. 그리고 논문발표수로 $y_3^* = 4$ 이면 만족이라고 보았는데, 이는 일년에 4 편 정도의 논문발표는 일반적으로 매우 만족스러운 수치라고 평가할 수 있기 때문이다.

- 두 번째로, 가중치 w_i 를 정할 때에 앞에서의 계산을 모두 가중치를 일정하게 1 을 주었는데, 이것도 항목의 중요성에 따라서 0.5 에서 2 사이의 값을 다양하게 주고 계산할 수 있을 것이다.
- 세 번째로, 신뢰성 있는 y_i 들의 값을 얻는 것이 매우 중요하다. 이에 관한 기초통계 자료가 믿을 수 없다면 결과적으로 MCI의 값을 믿을 수 없을 것이다. 일반적으로 y_1 은 정확히 얻을 수 있으나, 그 외의 y 의 값들은 정확한 자료를 얻는 것이 그리 쉽지는 않은 것이 현실이다 예를 들면, 연구에 참여한 대학원생 중에서 석박사 학위를 받은 사람을 조사할 때에 정확한 보고가 잘 이루어지지 않는다는지, 취업한 자의 사후 보고가 잘 이루어지지 않는다는지 하는 경우이다.
- y_1 을 산출시 연구조원을 대학원생과 신진연구인력(박사후 과정생, 계약교수) 을 구분하지 않고 연구비로 나누어($y_1 = A/F$), 1 억원당 연구에 참여한 대학원생 및 신진연구인력의 수로 잡아 간단히 계산하였다. 그러나 이를 세분하여 대학원생 따로, 신진연구인력 따로 계산할 수도 있을 것이다.
- 총연구금액을 기준연도 대비 불변가격으로 계산할 때 소비자물가지수를 사용하였는데, 이점에 대해서도 이견이 있을 수 있다. 연구비가 연구장비, 시약, 인건비 등으로 사용되는데, 이런 비용의 상승속도가 소비자물가지수와 대비하여 더 빨리 또는 덜 빨리 증가한다면, 이에 따라서 조정하여 주는 것이 타당하다.

감사의 글 본 논문에 대하여 여러 가지로 귀중한 조언을 하여주신 두 분의 심사위원들께 감사드립니다. 그들의 조언은 이 논문의 질을 향상시키는데 크게 기여하였습니다.

참고문헌

- [1] Derringer, G. and Suich, R. (1980). "Simultaneous optimization of several response variables", Journal of Quality Technology, 13, 1-45.
- [2] Harrington, E. C., Jr. (1965). "The desirability function", Industrial Quality Control, 21, (10), 494-498.
- [3] Park, Sung. H. (1981). "Simultaneous optimization techniques for multi-purpose response functions", Journal of Military Operations Research Society of Korea, 7, 118-138.

- [4] 박성현, 박준오. (1997). "*Simultaneous optimization of multiple response using weighted desirability function*", 한국품질경영학회지, 25(1), 56-68.

[2001년 10월 접수, 2001년 12월 채택]

Development of Manpower Cultivation Index for Evaluation of Science and Technology Projects *

Sung H. Park ¹⁾

ABSTRACT

This paper proposes a manpower cultivation index(MCI) which can be used for evaluating how much a research project contributes for manpower cultivation. The four factors which are considered to influence the manpower cultivation are the number of participated graduate students(research assistants), the number of graduate students who obtain master or Ph. D. degrees among the participated graduate students in the research project, the number of research papers published by participated graduate students, and the number of graduate students who get jobs. By the proposed MCI, three major research projects of KOSEF are analysed in terms of manpower cultivation. These are SRC/ERC(Science research center/Engineering research center) and RRC(Regional research center) and OBR(Objective based research). The computed MCIs show that the three major research projects enjoy satisfactory manpower cultivation to some extent.

Key words: Manpower cultivation, Manpower cultivation index, desirability index

* This work was supported in part by KOSEF through Statistical Research Center for Complex Systems at Seoul National University.

1) Professor, Department of Statistics, Seoul National University.
e-mail: parksh@plaza.snu.ac.kr