韓國數學教育學會誌 시리즈 E
<數學教育 論文集>
제 22집 제 4호. 2008. 11. 459-469

J. Korea Soc. Math. Ed. Ser. E:
Communications of Mathematical Education
Vol. 22 No 4, Nov. 2008. 459-469

계층분석적 의사결정(AHP)을 이용한 연구과제 선정방법에 관한 연구

양 정 모 (한국학술진흥재단)
이 상 구 (성균관대학교)

본 논문에서 행렬의 가장 큰 고유값과 그에 대응하는 고유벡터가 과학적인 의사결정과정에 어떻게 적용되는지를 살펴본다. 이를 적용한 계층분석적 의사결정(AHP) 방법에서 사용된 행렬이론을 통해서 실제로 연구과제 선정방법의 심사지표 가중치가 AHP를 이용하여 조절되는 예를 구체적으로 알아본다.

I. 서 론

수학적 모델링이란 주위의 사회적 또 물리적 현상을 수식화하여 문제를 해결하는 것으로 현실 세계의 문제를 과학적으로 분석하는 중요한 도구이다. 특히 사회과학 문제의 수학적 접근은 관련 문제에 주관성을 배제한 엄밀한 논리를 제공하며 경영과학 분야에서 중요한 역할을 한다. 경영 과학(Management Science)은 기존의 수학적 지식을 효과적으로 이용하여, 기업 활동과 관련된 의사결정 과정을 연구하는 분야[1])로서 단순한 학술적 연구에 그치지 않고 실제의 문제를 다룬다(위키백과, 2006). 경영 과학의 문제를 효과적으로 다루기 위하여 최적화, 시뮬레이션, 예측, 게임 이론, 네트워크, 교통, 확률, 통계, 데이터 마이닝, 스케쥴링 분야의 지식이 필요한데 경영과학 분야는 수학적 모델링과 함께 해법에 실질적인 수학적 지식이 활발하게 이용되는 영역이다.

본 논문에서 이용할 경영 과학의 계층분석적 의사결정방법 연구는 미국 피츠버그대학교의 T. Saaty 교수의 저서 'The Analytic Hierarchy Process(AHP, 계층분석적 의사결정방법[2]))'에 소개되었고 그 적용분야가 방대하며 현재에도 다양한 연구가 이루어지고 있다.

계층분석적 의사결정 방법에 이용되는 선형대수학의 지식은 행렬의 고유값과 고유벡터에서 시작된다. 이는 대학에서 배운 기초 수학 지식이 사회의 다양한 문제의 분석과 해결에 얼마나 광범위하

---

* 2008년 9월 투고, 2008년 10월 심사완료
* ZDM 분류 : C70, U50, U70
* MSC2000 분류 : 97U70
* 주제어 : 수학적 모델링, AHP, 페론벡터, Power 방법, WBI, OR, 쌍대비교행렬

1) 운용 과학(OR, Operations Research)의 한 분야 또는 같은 의미로 사용된다.
2) 조근태 외 "앞서가는 리더들의 계층분석적 의사결정"에서 사용한 AHP의 번역어를 따른다.

게 이용되는지 알게 되는 중요한 동기를 제공하기도 한다. 좀 더 구체적으로 말하면 다중의사결정에 있어서 우선순위 또는 중요도를 결정하는데 각 의사별 상대적 중요도 비교 행렬을 작성하면 그 행렬은 영 또는 양의 실수 성분을 갖는 음아닌 행렬(nonnegative matrix)이 된다. 이 때, 음아닌 행렬 $A=[a_{ij}]\in M_n$에 대하여

$$P^TAP=\begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} \\ 0 & A_{22} \end{pmatrix},\ \text{여기서 } (A_{11})_{r\times r}\text{이고 } (A_{22})_{n-r\times n-r},\ (1\le r\le n-1)$$

이 되게 하는 치환행렬(permutation matrix) P가 존재하지 않을 경우, A를 기약(irreducible)행렬이라 부른다.

잘 알려진 Perron-Frobenius 정리에 의하면 모든 음아닌 기약행렬은 언제나 음아닌 실수 고유값을 가지며 그 중 가장 큰 고유값에 대응하는 고유벡터의 각 성분은 양의 실수이고 모든 성분의 합이 1인 소위 Perron 벡터라고 불리는 고유벡터를 갖는다. 이러한 Perron 벡터가 계층분석적 의사결정 과정에서 매우 중요하게 이용된다.

과학적 의사결정을 위한 연구에 있어 AHP에 관련된 수학적인 접근과 적용에 대한 이론적인 연구가 활발하다. Elsner 외(2004)는 대칭역수행렬(symmetric reciprocal matrix)의 가장 큰 고유값과 이에 대응하는 Perron 벡터가 AHP에서 에러값의 변화에 따라 순위의 변화가 정해지는 순위(ranking) 결정 문제에 적용됨을 소개하였다. Farkas 외(2004)는 대칭역수행렬의 성분이 양수인 경우 AHP의 쌍대비교행렬(pairwise comparison matrix)로서 대안의 우선순위를 결정하는 예를 소개하였고, 또한 영이 아닌 복소수 성분행렬이 역동운행시스템의 작은 변화에 따른 고유값의 변화에 대해서도 소개하였다.

계층분석적 의사결정 방법을 실제 문제에 적용하여 계산을 할 때 행렬의 가장 큰 고유값을 구하기 위한 방법으로 Power Method를 사용하며, 엑셀시트를 주로 이용하는 실무적용에서도 주로 Power Method가 사용된다. 본 논문에서는 먼저 계층분석적 의사결정 방법과 그 이론적 배경이 되는 수학적 지식을 소개하고, 이 방법을 이용하여 학술진흥재단에서 수행되었던, 정책과제(양정모, 2007)를 중심으로 연구성과를 비교 분석하는 수학적 모델을 연구한다.

II. 본론

1. 계층분석적 의사결정(AHP)

1970년대 초반 T. Saaty에 의하여 개발된 계층분석적 의사결정방법은 의사결정의 계층구조를 구성하고 있는 요소간의 쌍대비교에 의한 판단을 통하여 평가자의 지식, 경험 및 직관을 포착하고자 하는 새로운 의사결정방법론의 하나이다. (조근태 외, 2005)

[AHP의 적용절차] (조근태 외, 2005)

<단계 1> 의사결정문제를 상호관련된 의사결정 사항들의 계층으로 분류하여 의사결정계층 (decision hierarchy)을 설정한다.

<단계 2> 의사결정 요소들 간의 쌍대비교로 판단자료를 수집한다.

<단계 3> 고유값을 사용하여 의사결정요소들의 상대적인 가중치를 추정한다.

<단계 4> 평가대상이 되는 여러 대안들에 대한 종합순위를 얻기 위하여 의사결정 요소들의 상대적인 가중치를 종합화한다.

AHP의 적용절차 중 <단계 2>에서 산출되는 행렬의 가장 큰 고유값에 대응하는 Perron벡터의 각 성분이 의사결정의 우선순위(rank)를 결정하게 된다. 개념적인 이해를 높이기 위해 참고문헌인 조근태 외(2005)에 소개된 예제를 살펴본 뒤에 수학적인 설명을 보인다. 그 후 3절에서 저자가 직접 연구한 모델을 소개한다.

[예제] 공동 연구과제에 대한 연구원들의 기여도 분석을 통하여 어떤 연구소의 연구원들의 성과를 평가하고자 한다.

계층1 기여도 도출

계층2 평가기준 : 과제수행 단위 업무의 양, 과제 수행 단위 업무의 질

계층3 대안 : 연구원1, 연구원2, 연구원3

<단계 2>에서의 의사결정 요소들 간의 쌍대비교로 판단자료를 다음과 같이 얻는다. 이 때, 쌍대비교로 나타난 각 표의 값 a_{ij}는 j에 대한 i의 상대적 중요도를 나타낸다.

	과제수행 단위업무의 양	과제수행 단위업무의 질	상대적 중요도
과제수행 단위업무의 양	1	2	0.667
과제수행 단위업무의 질	1/2	1	0.333

업무의 양	과제참여자			상대적 중요도	업무의 질	과제참여자			상대적 중요도
	연구원1	연구원2	연구원3			연구원1	연구원2	연구원3	
연구원1	1	2	4	0.571	연구원1	1	3	6	0.667
연구원2	1/2	1	2	0.286	연구원2	1/3	1	2	0.222
연구원3	1/4	1/2	1	0.143	연구원3	1/6	1/2	1	0.111

대안의 쌍대비교행렬과 평가기준의 쌍대비교행렬의 곱으로 종합중요도를 산출하면 다음과 같다.

$$\begin{array}{l} \\ \text{연구원1} \\ \text{연구원2} \\ \text{연구원3} \end{array} \begin{array}{c} \text{양} \quad\quad \text{질} \\ \begin{pmatrix} 0.571 & 0.667 \\ 0.286 & 0.222 \\ 0.143 & 0.111 \end{pmatrix} \end{array} \cdot \begin{pmatrix} 0.667 \\ 0.333 \end{pmatrix} \begin{array}{l} \text{과제수행 단위업무의 양} \\ \text{과제수행 단위업무의 질} \end{array}$$

연구원 1 = 0.571×0.667 + 0.667×0.333 = 0.603

연구원 2 = 0.286×0.667 + 0.222×0.333 = 0.254

연구원 3 = 0.143×0.667 + 0.111×0.333 = 0.132

따라서 연구원 1이 가장 높은 상대적 중요도를 가지며, 과제에 대한 기여도는 0.603, 약 60%이다. (조근태외, 2005) ■

위의 예에서 연구원별 중요도를 결정한 AHP를 이용한 다중 의사결정 방법을 수학적으로 설명을 하면 다음과 같다. (Saaty, 1980)(Saaty, 1977)

대안(object) $A_1,\cdots,A_n$ 각각의 가중치(weight)를 $w_1,\cdots,w_n$라 하자. 여기서 w_i는 각 대안 A_i의 중요도로서 $\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$을 만족한다. 이 때, n개의 대안 $A_1,\cdots,A_n$사이의 $n\times n$ 쌍대비교행렬 $A=[a_{ij}]$ 를 $a_{ij}=\dfrac{w_i}{w_j}$ 로 정의한다. 즉,

$$A = \begin{array}{c|cccc} & A_1 & A_2 & \cdots & A_n \\ \hline A_1 & w_1/w_1 & w_1/w_2 & \cdots & w_1/w_n \\ A_2 & w_2/w_1 & w_2/w_2 & \cdots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ A_n & w_n/w_1 & w_n/w_2 & \cdots & w_n/w_n \end{array}$$

행렬 A는 양의 행렬이며 $a_{ji}=\dfrac{1}{a_{ij}}$의 성질을 만족하는 분수(reciprocal) 행렬이다. $a_{ij}=w_i/w_j$는 대상 A_i의 A_j에 대한 상대적 중요도를 의미한다. 따라서 중요도 벡터 $\mathbf{w}^T \equiv (w_1,\cdots,w_n)\neq \mathbf{0}$를 행렬 A에 곱하면 다음 식이 성립한다.

$$A\mathbf{w}=n\mathbf{w} \qquad (1)$$

곧 벡터 $\mathbf{w}$는 고유값 n에 대응하는 A의 고유벡터이다. 그리고 행렬 A의 모든 행벡터는 첫 번째 행의 상수배이므로 행렬 A의 계수(rank)는 1이다. 행렬 A의 고유값은 영아닌 고유값 n 하나를 제

외하고는 나머지 $n-1$개의 고유값은 모두 0이므로. 가장 큰 고유값은 $\lambda_{max}=n$이다. 식 (1)을 만족하는 고유벡터 w는 행렬 A의 하나의 열과 같으며 다른 열은 이것의 상수배이다. 고유벡터의 성분의 합이 1이 되도록 정규화하면 벡터 w는 유일하게 결정된다. 결과적으로 행렬 A는 행벡터 하나만 주어지면 결정된다는 의미이다.

위의 문제에서 일반적으로 중요도 벡터 w는 미리 주어지지도 않고, 결정되지도 않으므로 궁극적으로 이런 중요도 벡터 w를 구하는 것이 문제이다. 벡터 w를 모른다는 전제하에 대안사이의 상대비교 값을 성분으로 하는 행렬 A를 이용하여 벡터 w를 찾아내는 것이 연구의 1차 목표가 된다. 이 과정에서 대안사이의 중요도에 대한 쌍대 비교행렬을 작성할 때 작성자의 일관성(consistency)이 유지되어야 계층분석적 의사결정방법의 타당성이 보장된다.

[정의] 일관성 조건(consistency property)

행렬 A의 성분이 $a_{ij}a_{jk}=a_{ik}$를 만족하면 행렬 A를 일관적(consistent)이라고 부른다.

이 정의는 대안 A_i가 A_j보다 x배 중요하고 A_j가 A_k보다 y배 중요할 때, A_i는 A_k보다 xy배 중요하다는 사실을 말해준다. 위에서 정의된 쌍대비교행렬은 항상 일관적임을 쉽게 보일 수 있다. 하지만 보통의 경우 평가자 및 쌍대비교행렬을 작성하는 사람은 이 일관성을 유지하는 것이 대안의 개수, 행렬 A의 크기에 따라 힘든 경우가 많다. Saaty(1977)에 의하면 행렬의 크기 n이 7 ± 2의 경우가 가장 효율적인 것으로 알려져 있다. 실제로 일관성 유지에 관한 수학적 해석은 다음과 같다. 일반적으로 알려진 행렬 성분의 작은 변화(perturbation)가 고유값의 변화에 큰 영향을 주지 않는다는 사실을 통해 최대한 λ_{max}가 n에 어느 정도 근접했는가를 알 수 있는 아래 척도(일관성지수, Consistency Index, CI)로서 행렬 A의 일관성(consistency)을 결정한다.(Farkas 외, 2004)

$$\mathrm{CI}=\frac{\lambda_{max}-n}{n-1} \qquad (2)$$

한편, AHP에서는 일관성을 검정하기 위해서 평균무작위지수(Random Index ; RI)[3]라는 것을 사용하는데 일관성을 검정하기 위해 일관성지수를 평균무작위지수로 나눈 일관성 비율(Consistency Ration ; CR) 을 사용한다. (조근태 외, 2005)

$$\mathrm{CR}=\frac{\mathrm{CI}}{\mathrm{RI}},\ \mathrm{CI}:\text{일관성지수},\ \mathrm{RI}:\text{평균무작위지수} \qquad (3)$$

통계 이론적인 검증을 통해 일관성지수 CI의 신뢰성을 보장하는 임계치는 0.1, 일관성비율 CR의

3) 평균무작위지수(RI)는 1에서 9까지의 수치를 임의로 설정하여 분수행렬(reciprocal matrix)을 작성하고 이 행렬의 평균 일관성지수를 산출한 값으로 일관성의 허용한도를 나타낸다. (표 참조)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

신뢰성을 보장하는 임계치는 10%로 알려져 있다.

2. Power Method와 엑셀함수

가장 큰 고유값(largest eigenvalue)을 찾는 문제는 Perron-Frobenius 정리에서 답을 찾을 수 있다. Perron-Frobenius 정리는 성분이 모두 양인 행렬은 언제나 양의 실수인 고유값을 가지며, 그 중 가장 큰 값을 갖는 고유값의 존재성과 그에 대응하는 (정규화된) 고유벡터의 유일성을 보장한다. (R. Horn and C. Johnson, 1990)

이 절에서는 Power Method와 엑셀함수의 이론적 분석을 통해 컨설팅 등 실무에서 사용되는 n차 행렬 A의 가장 큰 고유값을 구하는 방법을 소개한다.

A의 고유값 n개를 크기순으로 배열하여 $\lambda_{\max} = \lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \cdots \geq \lambda_n$이라고 하고 그에 대응하는 n개의 1차 독립인 고유벡터를 $\{\mathbf{v}_i\}_{i=1}^{n}$이라 하자. 그러면 $\{\mathbf{v}_i\}_{i=1}^{n}$은 $\mathbb{R}^n$의 basis를 구성하기 때문에 임의의 벡터 $\mathbf{x} \in \mathbb{R}^n$는

$$\mathbf{x} = c_1\mathbf{v}_1 + c_2\mathbf{v}_2 + \cdots + c_n\mathbf{v}_n$$

으로 표현할 수 있다.

위 식의 양변에 A를 곱하고, 행렬의 곱의 선형성을 고려하면,

$$A\mathbf{x} = c_1A\mathbf{v}_1 + c_2A\mathbf{v}_2 + \cdots + c_nA\mathbf{v}_n$$

이 되며 또한 고유벡터의 정의에 의해서 $A\mathbf{x} = c_1\lambda_1\mathbf{v}_1 + c_2\lambda_2\mathbf{v}_2 + \cdots + c_n\lambda_n\mathbf{v}_n$이 된다. 여기서 양변에 A를 k번 반복하여 곱하면, $A^k\mathbf{x} = c_1\lambda_1^k\mathbf{v}_1 + c_2\lambda_2^k\mathbf{v}_2 + \cdots + c_n\lambda_n^k\mathbf{v}_n$을 얻을 수 있다. 충분히 큰 k값에 대해서는, λ_1의 크기가 다른 λ_i들의 크기보다 크기 때문에 λ_1^k은 $|\lambda_i|^k$ $(i = 2, \cdots, n)$보다 매우 커질 것이다. 그러므로 우변의 첫 번째 항은 다른 것을 압도하게 된다. 따라서 충분히 큰 k에 대해서 $A^k\mathbf{x} \approx c_1\lambda_1^k\mathbf{v}_1$을 얻을 수 있다.

게다가 고유벡터의 스칼라 배도 역시 고유벡터이므로 고유값 λ_1에 대응하는 고유벡터를 찾을 수 있으며, 다음의 두 벡터 $A^{k+1}\mathbf{x}$와 $A^k\mathbf{x}$의 성분들을 비교할 수 있다. $A^{k+1}\mathbf{x}$의 각 성분은 $A^k\mathbf{x}$의 각 성분의 λ_1배이다. 여기서 벡터 $\mathbf{x}$는 임의로 선택될 수 있다. (특히, 다른 고유벡터 중 하나이거나 그들의 1차 결합 중 하나만 아니면 된다.) 따라서 "Power Method"에서는 보통 $\mathbf{x}$를 안전하게 열벡터 $(1, 1, \cdots, 1)$로 선택한다. 특수한 경우에는 다른 벡터를 선택해도 된다. (이상구, 2008)

아래 표는 쌍대행렬의 가장 큰 고유값과 일관성지수, 일관성 비율을 구하는 엑셀시트의 한 예이다.

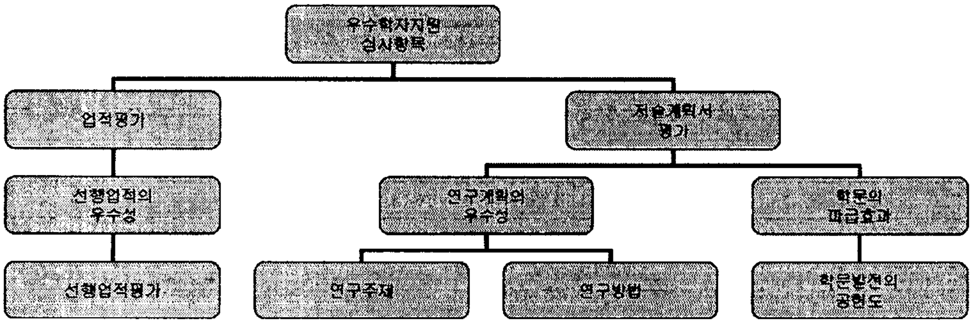
<표 1> Power Method를 적용하여 가장 큰 고유값을 구하는 엑셀시트

A	1.0	2.0	3.0	A	1.0	2.0	3.0		
	0.5	1.0	2.0		0.5	1.0	2.0		
	0.3	0.5	1.0		0.3	0.5	1.0		
A^2	3.0	5.5	10.0	A^3	9.1	16.5	30.0		
	1.7	3.0	5.5		5.0	9.1	16.5		
	0.9	1.7	3.0		2.8	5.0	9.1		
A^4	27.3	49.7	90.3	A^5	82.3	149.5	271.6		
	15.0	27.3	49.7		45.7	82.3	149.5		
	8.3	15.0	27.3		24.9	45.3	82.3		
A^6	247.5	449.8	817.3	A^7	744.8	1353.4	2459.3		
	136.2	247.5	449.8		409.9	744.8	1353.4		
	75.0	136.2	247.5		225.6	409.9	744.8		
A^8	2241.3	4072.6	7400.4	A^9	6744.4	12255.3	22269.4		
	1233.407	2241.3	4072.628		3711.6	6744.4	12255.3		
	678.8	1233.4	2241.3		2042.6	3711.6	6744.4		
A^{10}	20295.2	36878.8	67013.3	A^{11}	61072.4	110975.8	201656.5		
	11168.9	20295.2	36878.8		33609.4	61072.4	110975.8		
	6146.5	11168.9	20295.2		18496.0	33609.4	61072.4		
	=MMULT(B23:D25,I27:I29)	124187.3			=MMULT(F23:H25,I27:I29)	373704.6		1	
		68342.9				205657.6		1	
		37610.5				113177.7		1	
		‖				‖			
		1				1			
	124187.3	0.6			373704.6	0.6			
		0.3				0.3			
	λmax=	373704.6/ 124187.3	= 3.0		CI	0.005	CR	0.001	

λ_{max}는 행렬의 가장 큰 고유값으로서 그 값이 행렬의 차수 n에 근접할수록 일관성이 높은 쌍대비교행렬임
CI(일관성지수)와 CR(일관성비율)은 0.1이하일 경우 적용가능함

3. AHP를 활용한 연구과제 선정 지표 가중치 조절

저자는 연구과제 선정방법 개선을 위해 AHP 의사결정기법이 연구과제 선정 지표 가중치 조절에 활용될 수 있음을 정책연구[4]를 통해 소개하였다. 한국학술진흥재단에서 수행중인 연구지원사업의 과제심사 지표에 대한 가중치를 결정하기 위하여 전문가(심사자, 학문단장, 사업담당자 등)를 통해 지표별 상대 중요도를 물어 쌍대비교행렬을 작성하였다. 작성된 행렬의 가장 큰 고유값과 고유벡터를 통해 지표별 상대 가중치가 도출되었다. 다소 단순한 평가지표 체계를 갖고 있는 우수학자지원사업의 계층도를 보면 다음과 같다.



<그림 1> 우수학자지원사업 AHP 계층도

같은 수준(hierarchy)의 지표간 상대적인 중요도를 구하기 위해 다음과 같은 질문지를 통해 전문가의 의견을 수집하였다.

<표 2> 우수학자지원사업 AHP 설문지

(질문1) **우수학자지원에 대한 심사항목** 중 어느 항목이 얼마나 더 중요하다고 생각합니까?

업적평가	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	저술계획서 평가

(질문2) **저술계획서 평가**에 대한 심사항목 중 어느 항목이 얼마나 더 중요하다고 생각합니까?

연구계획의 우수성	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	학문의 파급효과

(질문3) 연구계획의 우수성의 측면에서 심사항목 중 어느 항목이 얼마나 더 중요하다고 생각합니까?

연구주제	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	연구방법

4) AHP를 활용한 연구과제 선정방법 개선을 위한 연구(2007, 양정모, 한국학술진흥재단 정책연구-2007-007-학술정책)

위의 응답결과를 통해 다음 <표 3>과 같이 쌍대비교행렬을 작성한다. 여러 명의 정보를 수집하여 종합하는 과정은 응답자별 쌍대비교정보의 성분별 기하평균을 구하여 작성한다.

<표 3> 우수학자지원사업 심사지표에 대한 쌍대비교행렬

	업적평가	저술계획서 평가	가중치
업적평가	1	2.34	70.0%
저술계획서 평가	1/2.34	1	30.0%

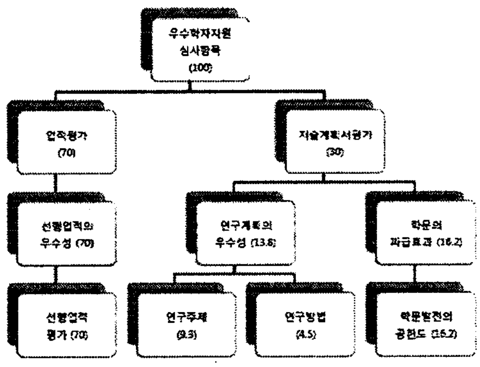
	연구계획의 우수성	학문의 파급효과	가중치
연구계획의 우수성	1	0.85	45.8%
학문의 파급효과	1/0.85	1	54.2%

	연구주제	연구방법	가중치
연구주제	1	2.07	67.5%
연구방법	1/2.07	1	32.5%

이제 각 행렬의 가장 큰 고유값과 그에 대응하는 고유벡터를 구하여 합이 1이 되도록 정규화시키면 지표별 상대 중요도가 도출된다. 그리고 상위 수준의 가중치를 곱하여 최하위 수준의 지표별 가중치가 계산된다. 아래 표와 그림은 지표별 가중치가 적용된 모델이다. 본 연구를 통해 도출된 신규 지표 가중치는 일부 사업 신규 추진에 적용되었다. 자세한 연구결과 및 예제는 본 보고서(양정모, 2007)를 참고하기 바란다.

<표 4> 우수학자지원사업 신규 심사지표 가중치

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>심사항목</th><th>배점</th></tr>
<tr><td rowspan="3">저술계획서 평가 (30)</td><td rowspan="2">연구계획의 우수성(13.8)</td><td>연구주제</td><td>9.3</td></tr>
<tr><td>연구방법</td><td>4.5</td></tr>
<tr><td>학문의 파급효과(16.2)</td><td>학문발전 공헌도</td><td>16.2</td></tr>
<tr><td>업적평가 (70)</td><td>선행업적의 우수성 (70)</td><td>선행업적 평가</td><td>70</td></tr>
<tr><td colspan="3">계</td><td>100</td></tr>
</table>



Ⅲ. 결 론

경영과학 등에서 사용되고 있는 선형대수학의 이론적 검증을 통해 그 응용성을 높이고 수학적 모

델링의 한 예로서 의사결정이론과 행렬이론과의 연계에 대해서 살펴보았다. 함형범(2004)은 AHP가 간명한 수학적 이론 적용에 있어 수학교육의 목적인 실용성, 도야성, 심미성, 문화적 가치 등을 실천하고 있음을 피력하고 있다. 실제로 AHP는 평가모델개발 및 다양한 의사결정의 수단으로 사용된다. 저자1이 소속된 연구지원기관은 연구 신청 과제를 심사 평가하여 지원하는 역할을 수행하며 AHP와 같은 과학적 기법을 활용하여 다양한 합리적인 평가에 도입하기 위해 다각적으로 시도하고 있다.

본문에서 다룬 수학적 모델과 수학적 모델링의 과정은 대학에서 학습되는 수학이론이 실제 사회적인 문제 해결에 적용되어 해를 제공하는 전체 과정을 구체적으로 보여준다. 특히 인문사회분야에 수학적 이론이 적용된 좋은 예이다. 이 과정은 자연과학 학생만이 아니라 인문사회과학 학생에게도 학습의 동기를 부여한다는 것 이외에 수학교육학적으로도 의미를 갖는다.

참 고 문 헌

L. Elsner & P. Driessche (2004). Max-algebra and pairwise comparison matrices, *Linear Algebra and its Applications* **385**, pp.47-62

A. Farkas., A. György & P. Rózsa (2004), On the spectrum of pairwise comparison matrices, *Linear Algebra and its Applications* **385**, pp.443-462

R. Horn & C. Johnson (1990). Matrix Analysis, *Cambridge University Press(Cambridge)*

C-C Huang; P-Y Chu & Y-H Chiang (2008). A fuzzy AHP application in government -sponsored R&D project selection, *Omega* **36**, pp.1038-1052

Jin Ho Kwak & Sungpyo Hong (2004). Linear Algebra, Second Edition, *Birkhäuser*(Boston)

T. L. Saaty (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures, *Journal of Mathematical Psychology* **15**, pp.234-281

T. L. Saaty (1980). The Analytic Hierarchy Process, *McGraw-Hill, Inc.(New York)*

신용광 · 김창길 · 김태영 (2005). 계층분석과정(AHP)을 이용한 친환경농업정책 프로그램의 우선순위 결정, 농촌경제 **제28권 제2호**, pp.39-56

양정모 (2007). AHP를 활용한 연구과제 선정방법 개선을 위한 연구, 한국학술진흥재단 정책연구-2007-007-학술정책

이상구 (2008). 현대선형대수학(2판), 서울: 경문사

조근태 · 조용곤 · 강현수 (2005). 앞서가는 리더들의 계층분석적 의사결정, 서울: 동현출판사

함형범 (2004). AHP의 수학적 배경과 수학교육 목적의 실천, 한국수학사학회지 **17권 2호**, pp21-32

A mathematical theory of the AHP(Analytic Hierarchy Process) and its application to assess research proposals

Jeong-Mo Yang
Office of Performance Analysis, Korea Research Foundation, Seoul 137-170, Korea
E-mail: jmyang@krf.or.kr

Sang-Gu Lee†
Department of Mathematics, Sungkyunkwan University, Suwon 440-746, Korea
E-mail: sglee@skku.edu

We give a mathematical approach using Linear Algebra, especially largest eigenvalue and eigenvector on decision making support system. We find a mathematical modeling on decision making problem which could be solved by AHP(Analytic Hierarchy Process) method. Especially, we give a new approach to change evaluation indicator weight on assessing research proposals.

† Corresponding Author
* ZDM Classification : C70, U50, U70
* 2000 Mathematics Subject Classification : 97U70
* Key Words : Mathematical Modeling, AHP(Analytic Hierarchy Process), Perron vector, Power Method, Web-Based learning, Pairwise Comparison Matrix