

# 연결망분석과 초효율성분석의 결합을 통한 효율성 순위 측정에 관한 고찰

최경호\*, 곽희종\*\*

전주대학교 기초의과학과\*, 전북대학교 건축도시공학과\*\*

## A Reviews on the Performance Evaluation Based on Network Analysis and Super-Efficiency Analysis

Kyoung-Ho Choi\*, Hee-Jong Kwag\*\*

Dept. of Basic Medical(Statistics), Jeonju University\*

Dept. of Architecture & Urban Engineering, Chonbuk National University\*\*

**요 약** 자료포락분석(DEA)은 다수의 투입요소와 산출요소에 대하여 의사결정단위의 효율성을 측정하는 비모수적인 선형계획방법으로, 회사, 은행, 병원, 국가나 조직의 효율성이나 성과를 비교하는데 폭넓게 사용되고 있다. 그런데 DEA는 효율성이 1인 DMU들이 다수 있을 때 어느 DMU가 더 나은지에 대한 순위는 제공해 주지 않는다. 본 연구에서는 이런 문제를 기존의 방법에 비하여 손쉽게 해결할 수 있는 방법으로 질적(덴드로그램과 같은 graphical 접근법)-양적(초효율성 분석) 통합방법을 제안하고, 한국프로야구 자료를 이용하여 실증분석 해보았다. 그 결과 DEA를 통해서 우선순위를 파악하기 어려운 DMU들이 12개나 되었는데, 초효율성 분석을 이용함으로써 이러한 문제를 해결할 수 있었다. 더불어 덴드로그램과 초효율성 분석 결과를 통합하여 질적-양적으로 조망해 봄으로써 더욱 심도 있는 해석이 가능함을 알 수 있었다.

**주제어** : 자료포락분석, 연결망분석, 효율성, 초효율성 분석

**Abstract** Data envelopment analysis(DEA) is a linear programming procedure designed to evaluate the relative efficiency of a set of peer entities called decision making units which use the same inputs to produce the same outputs. It has been widely employed in a variety of disciplines as an efficiency or performance measurement tool for comparing a set of entities such as firms, banks, hospitals, nations and organizations. The method, however, can't make the priority of their performance when many units have efficiency score of unity or 100 percent. In this paper, we propose a new approach which combine qualitative method(graphical approach using network analysis) and quantitative method(super-efficient analysis using DEA), and present the results of an empirical analysis using the data of the Korean professional baseball players. As a result, there were 12 DMU that priority is hardly realized through DEA. However, this problem could be solved with super-efficiency analyzing. Also, more in-depth interpretation was able through integrating results of dendrogram and super-efficiency analyzing and prospecting it in qualitative, quantitative ways.

**Key Words** : Data envelopment analysis, Network analysis, Efficiency, Super-efficiency analysis

Received 5 August 2013, Revised 28 August 2013

Accepted 20 October 2013

Corresponding Author: Hee-Jong Kwag(Chonbuk National University)

Email: urban0916@jbnu.ac.kr

ISSN: 1738-1916

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. 서론

투입(input)요소 대비 산출(output)요소의 비율인 효율성(efficiency)을 측정하기 위한 방안으로 최근 비모수적 방법인 자료포락분석(data envelopment analysis: DEA)이 많이 이용되고 있다. 효율성을 측정할 수 있는 방법에는 여러 가지가 있지만, 다수의 투입요소와 다수의 산출요소가 복합적으로 존재하는 상황에서는 DEA가 매우 유용하다. 비통계적이고 비모수적인 성격의 DEA는 다음과 같은 장점을 갖는다. 첫째, 다수제 상황을 쉽게 묘사할 수 있고, 둘째, 잔차에 대해 통계적인 분포가정을 할 필요가 없으며, 셋째, 함수형태에 대해서도 사전적인 가정을 할 필요가 없다. 이러한 장점들로 인하여 DEA는 최근 20여년 동안 효율성을 분석하기 위한 경영분석 및 경제분석의 주요방법론으로 자리 잡고 있다(Lee와 Oh, 2012). 이러한 DEA는 Farrel(1957)에 의하여 처음 제안된 이후, Charnes, Cooper 그리고 Rhodes(1978)에 의하여 CCR 모형이, Banker, Charnes 그리고 Cooper(1984)에 의하여 BCC 모형이 제안되었다. DEA는 여러 종류의 투입요소를 이용하여 여러 종류의 산출물을 생산하는 유사한 목적을 위하여 조직된 의사결정단위(decision making unit: DMU)들 간의 상대적 효율성을 평가하기 위해 사용되는 일종의 선형계획법이다(Kim, 2012). 여기서 DMU란 여러 가지 투입변수를 이용하여 다양한 산출물을 생산하는 단위를 말한다. DEA에서는 비교대상이 되는 모든 DMU들의 효율성은 1보다 작거나 같다는 제약조건하에서 평가하고자 하는 DMU의 효율성을 극대화할 수 있도록 요소별 가중치를 결정하고, 이를 바탕으로 효율성 평가가 이루어진다. 또한 DEA는 효율성 측정 외에 효율적인 DMU를 바탕으로 비효율적인 DMU의 효율성을 향상시킬 수 있는 방법을 제시함으로써 성과측정뿐만 아니라 벤치마킹의 도구로서도 매우 유용하게 사용될 수 있다(Kim 등, 2010).

그러나 CCR 모형이나 BCC 모형 등은 효율성이 있는 DMU에 대한 정보를 제공해 줄 수는 있지만, 하나 이상의 효율성이 있는 DMU가 있을 경우 그 중에서 어느 DMU가 더 나은지에 대한 순위정보는 제공해 주지 못한다. 이러한 문제는 가중치 값이 비현실적으로 책정되기 때문이다(Leem, 2012). 또한 극한점을 효율적 측정치로

사용하기 때문에 측정오류가 있을 수 있으며, 상대적 효율성을 측정하는 데에는 유용하나 절대적 효율성을 측정하는 데에는 어려움이 존재한다는 단점도 있다(Kang, 2010). 이러한 문제의 해결방안으로, Liu 등(2009)은 투입 및 산출요소들의 모든 가능한 조합에 대해 DEA분석을 한 후, 각 DMU의 참조집합의 함에 의해서 연결망을 구축하고 효율적인 DMU들의 변별력을 위해서 연결망 중심성(centrality) 지표인 아이겐벡터(eigenvector) 중심성 값에 의해 순위를 결정하였다. 그러나 이 방법은 효율적인 DMU들을 구분하는 데에는 좋으나, 투입 및 산출요소가 많을 경우 DEA 분석 횟수가 매우 많아진다는 단점이 있다. 이 밖에도 Liu와 Lu(2010)는 CCR 모형에도 적용할 수 있도록 함으로써 Liu 등(2009)의 한계점을 극복하고자 하였다. 그러나 이들 연구들은 이웃하고 있는 DMU들의 참조빈도만을 고려했을 뿐, 이웃 DMU들의 영향력 정도는 고려하지 못하였다. 이에 이러한 문제에 대한 해결방안으로 Leem(2012)은 DEA 분석에서 도출되는 참조집합과 램다 값의 DMU들 간의 연결강도와 방향으로 설정하고 가중네트워크분석을 실시하였다. 그러나 이 방법은 페이지랭크(page rank) 중심성을 구해야 하며, 나아가 이를 효율성과 곱하여 다시 순위를 매기는 등의 다소 복잡한 과정을 거쳐야 한다. 또한 페이지랭크 중심성은 많이 사용되는 중심성 측도가 아닐 뿐만 아니라, Netminer 등과 같은 상업용 분석도구에서만 구할 수 있기에, Leem(2012) 등의 방법은 일반연구자가 활용하는 데에는 어려움이 따른다.

이에 본 연구에서는 효율성의 우선순위를 정함에 있어 DEA와 연결망분석을 결합한 통합방법을 고찰해 보고자 한다. 본 연구의 구체적인 연구문제는 다음과 같다. 첫째, 전술한 선행연구들이 갖는 문제점의 해결방안으로 먼저 양적방법인 초효율성(super-efficiency) 분석을 사용할 것을 제안한다. 초효율성 분석은 DEA분석 결과 1의 효율성 값을 갖는 DMU들이 많을 경우 이들 사이의 우열을 가리는데 유용한 방법이다. 둘째, 질적 방법인 연결망(network)과 군집을 위한 덴드로그램(dendrogram)을 양적결과와 함께 고려함으로써, 효율성의 우선순위를 정함에 있어 양적·질적 방법을 통합하는 것이 다각적인 자료해석에 보다 도움이 됨을 확인해 보도록 하겠다.

## 2. 연구방법 및 내용

### 2.1 자료수집

DEA와 연결망분석의 결합을 통한 분석방법을 고찰함에 있어, '2012 한국프로야구' 자료(Kim 등, 2013)를 사용하여 실증분석을 수행하였다. 프로야구자료를 사용한 이유는, 경기의 특성상 경기력과 관련된 다양한 기록수집이 명확하게 이루어지며, 나아가 홈페이지에 공개되어 획득 또한 용이한 때문이다. DEA를 이용한 효율성을 분석에 있어서는 투입요소와 산출요소를 어떻게 선정하느냐가 중요한 요소이다. 왜냐하면, DEA는 투입요소와 산출요소를 무엇으로 하느냐에 따라 상이한 결과가 도출될 수도 있기 때문이다. 본 연구에서는 Anderson(2004)에 따라 투입요소는 '타석수(B/N)', 산출요소로는 '1루타(single)', '2루타(double)', '3루타(triple)', '홈런(H/R)' 수로 하였으며, DMU는 2012년도 한국프로야구에 출전한 선수 중 규정타석인 412타석을 채운 선수 40명으로 하였는바, 구체적인 자료는 <Table 1>과 같다. 한편 DEA 분석과 연결망 분석을 위한 소프트웨어는 모두 R(release 2.15)을 이용하였다.

<Table 1> Input and output data for DEA analysis

name	team	single	double	triple	H/R	B/N
KTG	HW	151	24	0	16	513
KJH	NE	137	32	0	25	519
SAS	LO	158	26	0	5	556
PSM	SS	138	19	3	23	549
CSH	LG	113	27	3	12	438
LSY	SS	150	28	2	21	556
LJY	LG	112	18	0	4	412
PYT	LG	152	34	3	11	556
PHY	SS	118	19	4	1	463
KWS	KIA	117	21	4	3	472
LHJ	SK	128	26	0	18	504
LBK	LG	126	25	1	5	455
CJ	SK	142	33	1	26	553
KJC	LO	128	27	3	5	488
HSB	LO	114	20	0	15	443
KHS	DO	127	17	1	7	491
PBH	NE	136	34	0	31	450
ACH	KIA	141	31	2	3	558
LYK	KIA	139	14	2	2	580
KSB	KIA	124	19	2	5	532
LDS	HQ	105	22	4	4	425
YEJ	DO	100	23	1	5	416

name	team	single	double	triple	H/R	B/N
KSS	SS	115	18	4	2	489
NJW	KIA	109	17	1	11	480
KMH	LO	109	21	0	19	454
WJK	LO	122	19	1	4	504
KKM	SK	116	20	0	5	474
CHW	SS	125	27	1	14	531
SKC	NE	115	21	10	1	501
JKW	SK	124	13	4	8	534
JSH	HW	113	28	0	9	501
OSJ	HW	105	18	3	3	446
PJJ	LO	107	19	4	9	459
PJK	SK	106	18	1	12	472
JJW	LO	116	22	4	7	520
OJW	LG	115	22	2	12	540
CJH	HW	98	26	0	17	471
JKY	NE	102	9	5	8	475
BYS	SS	101	15	2	2	479
LJW	DO	105	17	1	0	497
Mean		121.5	22.2	1.9	9.8	493.9

HW:eagles, NE:heros, LO:gients, SS:lions, LG:twins, KIS:tirges, SK:wyyverns, DO:bears

### 2.2 연구문제 및 절차

본 연구의 목적인 DEA와 연결망분석의 결합을 통한 효과적인 효율성 순위 측정방법을 고찰하기 위하여 다음과 같은 내용을 연구문제로 선정하였다.

첫째, 효율성분석을 실시하여 DMU들의 효율성을 살펴보고, 문제점이 무엇인지 확인해 본다. 둘째, 연결망분석을 통해 DMU들 간의 영향의 정도를 살펴보고, 텐드로 그램 등을 통하여 DMU들의 효율성을 개략적으로 살펴본다. 셋째, 효율적인 DMU로 판정된 DMU들 간의 우선순위를 정하기 위한 방안으로 초효율성 분석을 제안하고, 이를 이용하여 효율성의 우선순위를 구해본다. 마지막으로 이상을 토대로 초효율성을 이용한 순위 결정방법이 사용상에 있어 용이함에 대해 논의해 보겠다. 한편 실증분석을 수행할 때 투입기준 모형과 산출기준 모형 중에서 선택을 해야 할 경우에는 응용대상의 생산과정이 가진 특성과 효율성 개선 방향에 대한 직관을 따라 결정해야 하는데(Lee 등, 2012), 본 연구에서는 Leem(2012)과의 비교를 위하여 BCC 및 산출기준 모형을 이용하였다.

### 3. 자료분석

#### 3.1 자료포락분석

효율성(efficiency)은 우리 일상생활에서 흔히 접할 수 있는 개념이다. 효율은 대체로 투입한 노력이나 자원 대비 거두어들이는 성과의 비율을 의미한다. 상대적으로 효율이 높다는 것은 동일한 자원을 투입하고도 더 높은 성과를 거두었거나, 동일한 성과를 얻는데 소요된 자원이 더 적다는 것을 의미한다. Kim 등(2010)에 따르면, DEA에 있어 투입요소는 적을수록 좋고 산출요소는 많을수록 좋은데, 일반적으로 DMU의 개수는 투입변수와 산출변수의 합보다 2배 이상 커야만 한다(Fitzsimmons 등, 1994). 본 연구는, DMU의 수가 40개이고 투입과 산출변수의 합이 5이므로, 이 조건을 충분히 만족한다.

DEA 기본 모형 중의 하나인 BCC 모형을 산출기준으로 정리해 보면 식 (1)과 같다. 단 여기서  $n$ 은 산출요소,  $m$ 은 투입요소를 의미하며,  $j$ 는 분석대상 DMU(선수)를 나타내는 첨자이다. 목적함수  $\phi^{k*}$ 는 관심대상인  $k$ 번째 DMU의 산출요소들을 줄이는 비율로, 모든 산출요소에 대해서  $\phi^{k*}$ 만큼 산출이 동일하게 줄어들면  $k$ 번째 DMU가 생산변경에 도달하게 된다.

$$\phi^{k*} = \max_{\theta, \lambda} \phi^k \quad (1)$$

*subject to*

$$x_m^k \geq \sum_{j=1}^J x_m^j \lambda^j \quad (m = 1, 2, 3, \dots, M)$$

$$\phi^k y_n^k \leq \sum_{j=1}^J y_n^j \lambda^j \quad (n = 1, 2, 3, \dots, N)$$

$$\sum_{j=1}^J \lambda^j = 1$$

$$\lambda^j \geq 0 \quad (j = 1, 2, 3, \dots, J)$$

식 (1)을 만족하는 효율성을 구하기 위한 R 스크립트는 <Table 2>와 같다. 이로부터 도출되는 40명의 DMU에 대한 효율성은 <Table 3>과 같다. 산출기준 효율성을 구한바, 값이 작을수록 효율적인 DMU이다. 2012 한국프로야구 MVP인 박병호(PBH)를 비롯하여, 김태균(KTG),

손아섭(SAS), 박석민(PSM), 정성훈(CSH), 이승엽(LSY), 이진영(LJY), 박용택(PYT), 최정(CJ), 이대수(LDS), 양의지(YEJ), 서건창(SK) 선수에 이르기까지 무려 12명선수의 효율성이 1인 것으로 나타났다. 그런데 DEA는 효율성이 1인 DMU들 중에서 어느 DMU가 더 나은지에 대한 순위는 제공해 주지 않는다. 따라서 다른 접근 방법이 필요하다.

<Table 2> R script for efficiency using DEA

```
library(nonparaeff)
eff<-dea(base=a, noutput=4, orientation=2, rts=2, onlytheta=F)
```

<Table 3> Efficiency score on the 40 DMUs

name	efficiency	name	efficiency
KTG	1.000000	LDS	1.000000
KJH	1.033296	YEJ	1.000000
SAS	1.000000	KSS	1.133731
PSM	1.000000	NJW	1.276110
CSH	1.000000	KMH	1.256444
LSY	1.000000	WJK	1.190102
LJY	1.000000	KKM	1.221675
PYT	1.000000	CHW	1.188789
PHY	1.043325	SKC	1.000000
KWS	1.084073	JKW	1.139992
LHJ	1.141095	JSH	1.214286
LBK	1.060091	OSJ	1.126917
CJ	1.000000	PJJ	1.118873
KJC	1.052738	PJK	1.293132
HSB	1.154201	JJW	1.183864
KHS	1.120561	OJW	1.290322
PBH	1.000000	CJH	1.307692
ACH	1.080670	JKY	1.185721
LYK	1.104895	BYS	1.328874
KSB	1.194733	LJW	1.361794

#### 3.2 연결망 분석

보통 연결망으로 약칭되는 사회네트워크(social network)는, 다수의 연결된 또는 연결되지 않은 개인(또는 기관)으로 구성된 사회적 구조이다. 여기서 연결 여부는 친구/친족관계, 공통 관심, 금융 거래, 친근감, 성 관계, 신뢰도 등 다양하게 정의된다. 사회네트워크분석(social network analysis)은 다수의 점(point)과 이들을 연결하는 선(line)으로 구성된 망(network)에 대한 사회과학적·통계적 분석이다(Huh, 2012). 사회네트워크분석에서

는 노드(점) 사이의 거리를 2차원 평면으로 표현하고, 그들 사이의 관계를 선으로 표현함으로써 데이터만으로는 그 모습을 파악하기 어려운 연결 구조를 한눈에 파악할 수 있도록 도와준다.

연결망분석을 통하여 도출된 네트워크 구조 간의 차이를 비교함에 있어 활용되는 지표에는, 개별적 노드의 국소적(local) 특성을 나타내는 연결선 수(degree)와 중심성(centrality) 그리고 네트워크의 전역적(global) 특성을 나타내는 밀도(density) 등이 있다. 중심성에는 근접 중심성(closeness), 중개중심성(betweenness), 그래프 중심성(graph centrality) 그리고 아이겐벡터 중심성(eigenvector centrality) 등이 있는데, 비교를 위하여 본 연구에서 활용한 아이겐벡터 중심성은 식 (2)와 같다 (Leem, 2012). 여기서  $M(i)$ 는 노드  $i$ 와 연결된 모든 노드들의 집합,  $\lambda$ 는 고유벡터의 고유치,  $N$ 은 모든 노드들의 집합을 의미한다.

$$C_E(i) = \frac{1}{\lambda} \sum_{j \in M(i)} C_E(j) \quad (2)$$

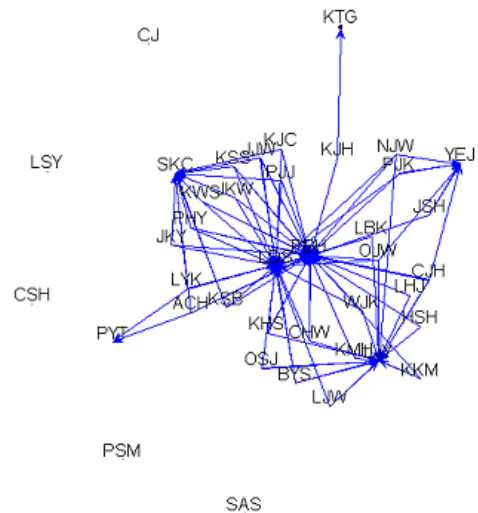
앞선 DEA 분석에서 각 DMU에 대한 참조 DMU와 람다( $\lambda$ ) 값을 구한 후, 참조 여부를 연결관계로, 람다 값을 연결선의 폭으로 그리고 참조되는 빈도를 노드의 크기로 하여 연결망 및 덴드로그램을 그려보면 <Figure 1> 및 <Figure 2>와 같으며, 이를 위한 R 스크립트는 <Table 4>이다. 임의의 DMU가 투영점(projected point)이 되기 위해서는 모든 비효율성이 제거되어야 하는데, 이 때 참조되는 DMU들의 조합비율이 람다이다.

<Figure 1>에서, PBH와 LDS가 중심위치를 차지한 가운데, LSY, SKC, YEJ도 많은 연결정도를 갖는 것으로 나타나, 이들이 영향력이 큰 DMU임을 간접적으로 알 수 있다. 그러함에도 불구하고, 이들 DMU은 모두다 효율성이 1인 노드들로서, 정량적 크기인 효율성 크기만으로는 우선순위를 가리는 것이 불가능하다. 이에 반하여 군집화 과정에서 Hamming 거리행렬에 기초한 완전연결법(complete linkage)을 이용하여 작성한 덴드로그램을 통해서 어느 정도 영향력 구분이 가능하다. 예컨대, 17번째 DMU(PBH)가 독립적인 군집을 형성한 가운데, 21번째 DMU인 LDS와 7번째 DMU인 LJY 순으로 군집이 형

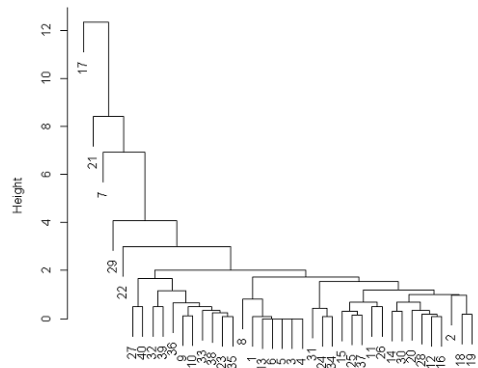
성됨을 알 수 있는바, 이들이 더욱 영향력이 큰 DMU임을 시각적으로 확인할 수는 있다. 그러나 여전히 계량적 크기에 따른 효율성의 우선순위를 제공해주지는 못한다.

<Table 4> R script for network analysis

```
library(sna)
gplot(b, displaylabels=T, boxed.labels=F,
      vertex.cex=sqrt(diag(b))/4,
      vertex.col="blue", vertex.sides=20, edge.lwd=b/2,
      edge.col="blue", label.pos=3)
eigen(b)$vectors[,1]
cluster<-equiv.clust(b, method="hamming",
                    cluster.method="complete")
x11(); plot(cluster, sub="")
```



[Fig. 1] 40 DMU's network



[Fig. 2] Cluster dendrogram

### 3.3. 초효율성 분석

앞선 방법들로부터는, DEA와 연결망분석의 결합을 통한 DMU들의 효율성 순위를 명확하게 구하지 못하였다. 그렇다고 해서 Leem(2012) 등의 방법은 일반연구자가 활용하기에는 어려움이 따른다. 이에 범용 소프트웨어인 R프로그램을 이용해서 손쉽게 해결할 수 있는 방법으로 초효율성 분석을 제안한다. 초효율성 분석은 DEA 결과 1의 효율성을 갖는 DMU들이 많을 경우 이들 사이의 우열을 가리는데 유용하다. 즉, 식별력이 작을 때 매우 적절한 방법이라 할 수 있다. 초효율성 분석을 위한 R 스크립트와, 해를 구할 수 없는 LJY(가변규모수익을 가정한 경우 초효율성을 구할 수 없는 DMU가 나타날 수 있다)를 제외한 나머지 39개의 DMU에 대한 분석결과는 각각 <Table 5> 및 <Table 6>와 같다. 효율성 분석을 통해서 우열이 구분되지 않았던 12개 DMU들의 우선순위가 명확하게 구분됨을 알 수 있다. 구체적으로 살펴보면, LDS < SKC < PBH < YEJ < PYT < PSM < SAS < LSY < CSH < KTG < CJ 순으로 우선순위가 나타난다(산출기준인 경우에는 비효율적인 DMU는 1보다 큰 값으로, 초효율적인 DMU는 1보다 작은 값으로 주어진다). 이 결과와 텐드로그램을 비교해 보면, 일부 차이는 있으나 매우 흡사한 결과임을 알 수 있다. 따라서 이들 결과를 활용하여 종합적인 판단을 내리면, 효율성분석만을 이용했을 때 발생하는 문제점을 해소할 수 있을 것으로 판단된다. 즉, 비교적 손쉽게 효율성의 우선순위를 계량적으로 매길 수 있게 된다.

<Table 5> R script for super-efficiency analysis

```
library(nonparaeff)
re.super<-list()
for(i in 1:nrow(super.dat)){
  re.super[[i]]<-
  dea(base=super.dat[i,], frontier=super.dat[-i,],
  noutput=4, rts=2, orientation=2)}
re.super
```

<Table 6> Super-efficiency score

name	super -efficiency	rank	name	super -efficiency	rank
LDS	0.4882353	1	OSJ	1.126917	21
SKC	0.4900662	2	KSS	1.133731	22
PBH	0.5668203	3	JKW	1.139992	23
YEJ	0.8423423	4	LHJ	1.141095	24
PYT	0.9018182	5	HSJ	1.154201	25
PSM	0.9556744	6	JJW	1.183864	26
SAS	0.9620253	7	JKY	1.185721	27
LSY	0.9674908	8	CHW	1.188789	28
CSH	0.9702037	9	WJK	1.190102	29

<Table 6> Super-efficiency score

name	super -efficiency	rank	name	super -efficiency	rank
KTG	0.9864721	10	KSB	1.194733	30
CJ	0.9892369	11	JSH	1.214286	31
KJH	1.033296	12	KKM	1.221675	32
PHY	1.043325	13	KMH	1.256444	33
KJC	1.052738	14	NJW	1.27611	34
LBK	1.060091	15	OJW	1.290322	35
ACH	1.08067	16	PJK	1.293132	36
KWS	1.084073	17	CJH	1.307692	37
LYK	1.104895	18	BYS	1.328874	38
PJJ	1.118873	19	LJW	1.361794	39
KHS	1.120561	20			

<Table 7> Comparison of analysis methods

analysis method	class	characteristic
DEA	quantitative	numerous DMU with efficiency 1 exist
Network	qualitative	possibility as an auxiliary information
Super -efficiency	quantitative	efficiency is recognizable in all DMU
Union		· solve problems such as Leem(2012) have relatively accurate priority can be given through qualitative, quantitative integration

### 4. 결론 및 제언

DMU들의 효율성을 비교하는데 있어, DEA와 연결망 분석을 결합하여 효율성 순위를 정하는 방법에 대해서 고찰해 보았다. 이를 위하여 DEA에서 도출에서 참조집합을 연결(link)로, 램다 값을 연결의 강도와 방향으로 하여 연결망분석을 실시하고 특징을 살펴보았다. 나아가

Liu 등(2009), Liu와 Lu(2010) 그리고 Leem(2012)에서 이용한 식 (2) 아이겐벡터 중심성을 구해 우선순위를 측정해 보았다. 그러나 Leem(2012)에서 지적한대로, 특정 DMU의 경우 효율성 값이 높음에도 불구하고 아이겐벡터 중심성이 매우 작게 나타나 우선순위가 떨어지는 문제점을 확인 할 수 있었다. 한 예로 KTG의 경우 효율성은 1인데 아이겐벡터 중심성은 0에 가깝게 나와서 매우 비정상적인 결과를 초래한다. 이 밖에도 중심성 지표를 이용하는 방법은 복잡성과 함께 일반연구자들이 이용하기에는 다소 어려움이 있다.

이에 본 연구에서는 graphical 접근법인 덴드로그램과 범용 소프트웨어인 R 프로그램을 이용하여 계량적 결과를 비교적 손쉽게 도출해 주는 초효율성 분석을 이용할 것을 제안하였다. 그리고 2012 한국프로야구 기록을 이용하여 실증분석해 보았다. 그 결과 DEA를 통해서 우선순위를 파악하기 어려운 DMU들이 12개나 되었는데, 초효율성 분석을 이용함으로써 이러한 문제를 해결할 수 있었다. 더불어 덴드로그램과 초효율성 분석 결과를 통합하여 질적·양적으로 조망해 본다면 더욱 심도 있는 해석이 가능하다는 점도 알 수 있었다. 따라서 향후부터는 효율성 우선순위를 정할 시, 본 연구에서 제안한 통합 방법을 사용하는 것이 좋겠다.

마지막으로, 본 연구에서는 투입요소로는 ‘타석수’를 산출요소로는 ‘1루타’, ‘2루타’, ‘3루타’, ‘홈런’ 수를 이용하였다. 그러나 DEA는 투입요소와 산출요소를 무엇으로 하느냐에 따라 상이한 결과가 도출될 수도 있기 때문에, 본 연구의 결과를 선수의 효율성을 평가에 활용하고자 할 때에는 조심을 기할 필요가 있다. 왜냐하면 프로야구 선수의 기량은 공격력만으로 평가될 수는 없기 때문이다.

## REFERENCES

[1] Lee, J., Oh, D. Theory of efficiency analysis, Jiphil Media, Seoul. 2012.  
 [2] Kim, J., Kang, I, Lee, S. Quantitative efficiency evaluation of Jeonnam regional festival using DEA model, Enterprise Management Research, 17, pp. 57-74. 2010.  
 [3] Kim, H. T. An efficiency analysis of the department of special education using data envelopment

analysis, Ph.D. dissertation, Chungbu University, Chungnam. 2012.  
 [4] Farrel, M., J. The measurement of productivity efficiency, Journal of the Royal Statistical Society, 120(3), pp. 253-282. 1957.  
 [5] Charnes, A., Cooper, W., W., Rhodes, E. Measuring the efficiency of decision making units, European Journal of Operational Research, 2, pp. 429-444. 1978.  
 [6] Banker, R., D., Charnes, A., Cooper, W., W. Some inefficiencies in data envelopment analysis, Management Science, 30(9), pp. 1078-1092. 1984.  
 [7] Leem, B. Using social network analysis to measure influence and rank of efficiency ports, Journal of the Korean Society of Supply Chain Management, 12(1), pp. 37-47. 2012.  
 [8] Kang, H. Productivity change and relative efficiency of professional sport teams, Journal of the Korea Contents Association, 10, pp. 454-463. 2010.  
 [9] Liu, J., Lu, W., Yang, C. and Chung, M. A network-based approach for increasing discrimination in data envelopment analysis, Journal of the Operational Research Society, 60, pp. 1502-1510. 2009.  
 [10] Liu, J., Lu, W. DEA and ranking with the network-based approach: a case of R&D performance, Omega, 38, pp. 453-464. 2010.  
 [11] Kim, J. J., You, H., Lee, Y. and Choi, H. Pro-baseball scouting report 2013, Random House Korea, Seoul. 2013.  
 [12] Anderson, W. Major league baseball under investigation: How the industry used public relations to promote its past to save its present, Public Relations Review, 30(4), pp. 439-445. 2004.  
 [13] Fizsimmons, J. A., Fizsimmons, M., J. Service management for competitive advantage, Mcgraw-Hill College. 1994.  
 [14] Hur, M. Introduction to social network analysis using R, Freedom Academy Press, Seoul. 2012.

### 최 경 호(Choi, Kyoung Ho)



- 1985년 2월 : 전북대학교 전산통계학과(이학사)
- 1991년 2월 : 동국대학교 통계학과(이학석사)
- 1995년 2월 : 서울대학교 계산통계학과(이학박사)
- 1998년 3월 ~ 현재 : 전주대학교 기초과학과 교수

· 관심분야 : 통계조사, 사회연결망분석, 데이터 테크놀로지  
· E-Mail : ckh414@jj.ac.kr

### 곽 희 중(Kwag, Hee Jong)



- 2002년 2월 : 전북대학교 도시공학과(공학사)
- 2004년 2월 : 전북대학교 건축도시공학과(공학석사)
- 2009년 2월 : 전북대학교 건축도시공학과(박사수료)
- 2011년 4월 ~ 현재 : 전주도시재생지원센터 연구원

· 관심분야 : 도시설계, 도시재생, 연결망  
· E-Mail : urban0916@jbnu.ac.kr