

DEA/OERA를 이용한 프로야구 선수들에 대한 성과 측정

이덕주^{1*} · 양원모²

¹경희대학교 테크노공학대학 / ²동우 STI 주식회사

Performance Evaluations of Professional Baseball Players using DEA/OERA

Deok-Joo Lee¹ · Won Mo Yang²

¹College of Advanced Engineering, Kyung Hee University, Yongin, 449-701

²Dongwoo STI Co., Ltd., Kyunggi, 451-822

The OERA(Offensive Earned-Run Average) is a methodology for the performance evaluation of baseball players, which is based on a well-known Markov chain model. The DEA(Data Envelopment Analysis) is an LP-based evaluation technique for performance analysis of DMUs (Decision Making Units), whose production activities are characterized by multiple inputs and outputs. In this paper, the performances of Korean professional baseball players are analytically evaluated using both OERA and DEA methods. We discuss methodological strengths and drawbacks of two kinds of baseball evaluation techniques, by comparing both results. Finally to overcome the shortcomings of both methods, we develop a new analytical approach for baseball evaluation by combining OERA with DEA.

Keywords: DEA, OERA, baseball, performance

1. 서론

경제발전으로 인한 개인소득의 증대는 국민들로 하여금 스포츠와 같은 여가활동에 대한 관심을 증폭시켰고, 그에 따라 우리나라에서도 전문적인 프로스포츠가 탄생하게 되었다. 그 중에서도 국내 프로야구는 1982년에 출범한 이래 줄곧 국민들의 사랑을 받으며 성장하여, 2000년에는 연간 관중 수가 250만명을 돌파할 정도로 국내에서 가장 오래되고 규모가 큰 대표적인 프로스포츠 종목으로 정착하게 되었다. 또한 이와 같은 프로야구의 성공은 더 이상 국민 오락 차원이 아닌 명실공히 프로야구산업이라는 새로운 서비스 시장을 창출하고 있다.

우리나라보다 스포츠 서비스산업이 훨씬 오래 전부터 발달한 미국이나 일본의 경우에는 스포츠 경영이나 스포츠 마케팅 등과 같은 기존의 산업경영 분야에서 사용되어 왔던 개념이나 기법들이 스포츠 서비스산업 분야에도 활발히 활용되고 있다. 이러한 과학적 경영기법의 적용은 스포츠 서비스산업에 대한 경영을 보다 체계적이고 효과적으로 할 수 있게 함으로써 기

존의 주먹구구식 경영체제하에서는 제공할 수 없었던 새로운 가치들을 팬들, 즉 소비자들에게 제공해 줄 수 있게 되었고, 그 결과 스포츠 서비스산업을 보다 더 발전시키는 상승효과를 낳고 있다. 이에 따라 국내에서도 스포츠 경영학의 관점에서 다양한 주체의 연구들이 이루어지고 있으며, Cho(1999)의 연구에서는 최근의 스포츠 경영학 관련 논문 140여 편을 주제별로 분류하여 고찰하고 있다.

스포츠 경영의 체계화는 프로야구의 성과를 측정하고 활용하는 부분에서도 활발히 도입되고 있다. 즉, 야구선수의 다양한 측면에서의 성과를 기존의 단순한 통계치만으로 측정하기에는 부족한 측면이 드러남에 따라 보다 과학적이고 체계적인 성과분석 기법에 대한 필요성을 인식하게 되었다. 이에 따라 야구선수의 성과측정에 있어서 기존의 경영과학적 기법들을 적용시키고자 하는 노력이 진행되어 왔고, 그러한 연구결과들이 발표되고 있다 (Gerchak, 1994). 이 중 대표적인 기법으로는, 각 선수들에 대한 기대특점을 Markov 체인을 이용하여 구하는 기법인 OERA (Offensive Earned-Run Average) 기법과 (Cover

* 연락처자 : 이덕주 교수, 449-701 경기도 용인시 기흥읍 서천리 1 경희대학교 테크노공학대학, Fax : 031-203-4004, E-mail : ldj@khu.ac.kr
2004년 10월 23일 접수, 2회 수정 후 2004년 11월 18일 게재 확정.

and Keilers, 1977; Bennet and Flueck, 1983; Bukiet, Harold and Palacios, 1997), 다수의 입력 및 산출요소를 갖는 시스템에 대한 상대적 효율성을 측정하기 위한 방법인 DEA를 응용한 기법[Hashimoto, 1993; Sueyoshi and Yamagishi, 1997; Sueyoshi, Ohnishi and Kinase, 1999] 등을 들 수 있다.

올해로 프로야구 탄생 22주년을 맞는 우리나라의 경우에도 지금까지 눈부신 속도로 성장해온 프로야구산업을 한층 더 발전시키기 위해서는 보다 체계적이고 과학적인 선진 스포츠 경영기법의 도입을 적극적으로 도모하여야 할 필요성이 절실히 요구되고 있다. 이러한 요구에 따라 국내에서 발표된 프로야구 산업과 관련된 최근의 연구로는 Kim(2001)이 국내 프로야구단의 상대적 가치를 실증자료를 이용한 지수를 이용하여 산정한 연구를 수행하였고, Lee(2002)는 한, 미, 일 프로야구산업의 경쟁력을 전력평준화 지수라는 개념을 이용하여 분석하고 있다.

한편 프로야구 선수들의 성과를 과학적인 방법론을 동원하여 평가하려는 시도는 국내의 경우 최근에 와서야 조금씩 발표되고 있는 실정인데, Kim(2002)은 국내 프로야구 투수에 대해서 방어율, 승수, 세이브 수, 실점, 자책점, 탈삼진 수 등의 총 11개의 경기력을 나타내는 변수와 연봉과의 관계를 주성분분석(principle component regression)을 이용하여 통계적 분석을 시도하였으며, Oh and Lee(2003)는 데이터마이닝 기법을 이용하여 프로야구 선수들의 경기력에 대응하는 연봉을 산정하기 위한 모형을 제시하고 있다. 그러나 야구선수의 성과측정에 관련된 학술적 연구는 외국에서의 활발한 연구활동과는 대조적으로 국내의 경우 최근에 들어서야 선수 개개인의 중요성을 인식하고, 선수 개인에 대한 과학적 가치평가를 시도하는 단계로서 그 수준이 아직 걸음마 단계라 해도 과언이 아니다.

본 연구는 지금까지 경영과학적 기법을 이용하여 야구선수의 성과를 측정하는 방법으로 제시된 대표적인 두 가지 기법인 OERA와 DEA를 국내 프로야구 데이터에 적용하여, 국내 프로야구 타자들의 성과를 정량적으로 측정, 분석하는 것을 목적으로 한다. 특히 OERA와 DEA를 이용한 두가지 성과측정 결과를 비교분석함으로써, 야구선수의 성과측정이라는 관점에서 두 가지 기법이 가지고 있는 장단점에 대해서 논의하였다. 또한 두 가지 기법의 장단점에 대한 이해를 바탕으로 각 기법의 단점을 보완하기 위하여 두 기법을 통합한 성과측정 방법론을 소개하고, 이를 국내 프로야구 타자들의 성과측정에 적용해 보고자 한다.

2. 분석 방법론

2.1. OERA 모형

야구경기는 그 규칙상 삼진아웃을 흡수상태(absorbing state)로 하는 Markov chain을 형성하고 있는 것으로 생각할 수 있다. 이때 OERA(Offensive Earned-Run Average) 모형이란 투수의 방어율 개념을 타격의 경우에 적용시킨 것으로서, 타자의 실제

타격결과를 가지고 이를 9회로 연장시킨다면 몇 점을 얻을 수 있는가를 시뮬레이션하는 것으로 이해할 수 있다. 즉, 어떤 타자가 타석에 들어섰을 때 결과로 나올 수 있는 경우를 사사구, 단타, 이루타, 삼루타, 홈런, 범타로 나누고, 타자의 경기성과를 측정하기 위해서 그 타자의 과거 기록들을 순차적으로 적용시킨 후 매 타격 후의 상황을 고려하여 그 타자의 기대득점을 구하는 방법을 생각할 수 있는 것이다.

예를 들어 갑이라는 타자가 ‘단타, 범타, 이루타, 범타, 사사구, 사사구, 홈런, 범타’라는 과거 기록을 가지고 있다고 하자. 이 때 갑이라는 타자가 그 이닝의 모든 타순에서 경기를 치렀다고 가정하면 순서대로 ‘노아웃 주자 1루 → 원아웃 주자 1루 → 원아웃 주자 2, 3루 → 투아웃 주자 2, 3루 → 투아웃 주자 만루 → 1득점, 투아웃 주자 만루 → 5득점, 주자 없음 → 삼진 아웃’이 되어, 그의 기대득점은 5점이 되는 것을 알 수 있다. 이 값은 타자의 성과측정의 한 척도가 될 수 있으며, 게임당 기대득점을 구하는 토대가 될 수 있을 것이다. OERA는 이와 같이 모든 타순에 갑이라는 타자가 들어서서 경기를 치르는 경우의 기대득점을 구함으로써 그 선수에 대한 성과를 수치화하는 방법이다.

Cover and Keilers (1977)에 의해 처음 제안된 OERA 모형을 기술하면 다음과 같다. OERA는 “어떤 타자가 Line-up 상의 모든 포지션에서 타격을 했을 때 경기당 얻어지는 득점 수”로 정의된다. OERA의 개념은 앞에서 설명된 바와 같이 시즌 동안의 순차적인 경기 결과상황을 이용해 구하는 것이 원칙이나, 실제 계산을 하기 위해서 한 시즌 동안의 통계치를 이용하여 Markov chain에 의한 공식을 이용한다. 우선 OERA는 다음과 같은 5가지의 가정을 가진다.: (1) 희생타는 OERA에서는 취급하지 않는다. (2) 수비수의 실책은 타자의 능력과 관계없는 경우로서 수비수의 실책이 아니었다면 범타에 그치는 경우이므로 OERA에서는 범타로 간주한다. (3) 주자들은 타자가 범타처리 되었을 때 진루하지 못한다. (4) 단타의 경우 주자는 2개루의 진루권을, 2루타의 경우 주자는 3개루의 진루권을 가진다. (5) 병살타는 없는 것으로 간주한다.

야구경기에서는 외관상으로 각 베이스를 각 사각형의 네 꼭지점으로 하고 주자를 큰 점으로 표시한 <그림 1>과 같은 8가지 주자의 상태를 가질 수 있다. 예를 들어, <그림 1>의 8번째 사각형은 주자가 1루, 2루, 3루 모두에 위치하고 있는 상태를 의미하고, 첫 번째 사각형은 주자가 루 상에 아무도 없는 것을 의미한다.

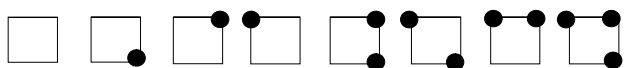


그림 1. 루상의 주자 상태.

한편 야구의 한 회안에서 이루어질 수 있는 경우는 아웃의 수 세 가지와 <그림 1>과 같은 주자의 위치 8가지에 의해서 총 24가지의 경우가 있기 때문에 OERA는 <그림 2>와 같은 24개

의 상태를 가지게 된다. <그림 2>에서 각 상태는 각 아웃과 주자의 상태를 나타내며, 삼진아웃의 상태는 각 회의 종료이기 때문에 Markov chain의 흡수상태가 된다.

	주자 위치								
아웃 수		1	2	3	4	5	6	7	8
0		1	2	3	4	5	6	7	8
1		9	10	11	12	13	14	15	16
2		17	18	19	20	21	22	23	24
3		0 (흡수상태)							

그림 2. 24개의 전이상태.

OERA는 야구경기를 24개의 변환상태로 만들고 난 후 전이 확률($p_O, p_B, p_1, p_2, p_3, p_4$)을 계산한다. p_O 는 아웃의 확률, p_B 는 사사구의 확률, p_i 는 i 루타를 칠 확률, p_4 는 홈런을 칠 확률을 뜻하며 각 확률은 다음과 같이 계산한다.

$$p_O = \frac{\text{아웃 수}}{\text{타수} + \text{사사구 수}}$$

$$p_B = \frac{\text{사사구의 수}}{\text{타수} + \text{사사구 수}}$$

$$p_i = \frac{i\text{루타의 수}}{\text{타수} + \text{사사구 수}} \quad (i = 1, 2, 3)$$

$$p_4 = \frac{\text{홈런 수}}{\text{타수} + \text{사사구 수}}$$

위와 같이 OERA는 야구경기를 Markov chain 모형으로 변환시킬 수 있고, 전이행렬(transition matrix)은 다음의 확률행렬로 표현된다.

$$P = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ T & Q \end{bmatrix} \quad (1)$$

단, T는 24×1 행렬이고, Q는 24×24 행렬이다.

한편, 확률행렬 T와 Q는 다음의 행렬로 분화할 수 있다.

$$T = \begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \end{bmatrix}, \quad Q = \begin{bmatrix} Q_{11} & Q_{12} & Q_{13} \\ Q_{21} & Q_{22} & Q_{23} \\ Q_{31} & Q_{32} & Q_{33} \end{bmatrix} \quad (2)$$

여기에서,

$$T_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}, \quad T_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}, \quad T_3 = \begin{bmatrix} p_O \\ p_O \\ \vdots \\ p_O \end{bmatrix},$$

$$Q_{11} = \begin{bmatrix} p_4 & p_1 + p_B & p_2 & p_3 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ p_4 & 0 & p_2 & p_3 & p_B & p_1 & 0 & 0 \\ p_4 & p_1 & p_2 & p_3 & p_B & 0 & 0 & 0 \\ p_4 & p_1 & p_2 & p_3 & 0 & p_B & 0 & 0 \\ p_4 & 0 & p_2 & p_3 & 0 & p_1 & 0 & p_B \\ p_4 & 0 & p_2 & p_3 & 0 & p_1 & 0 & p_B \\ p_4 & p_1 & p_2 & p_3 & 0 & 0 & 0 & p_B \\ p_4 & 0 & p_2 & p_3 & 0 & p_1 & 0 & p_B \end{bmatrix}$$

$$Q_{12} = \begin{bmatrix} p_O & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & p_O & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & p_O & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & p_O & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & p_O & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & p_O & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & p_O & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & p_O \end{bmatrix}$$

$$Q_{13} = 0, \quad Q_{11} = Q_{22} = Q_{33}, \quad Q_{12} = Q_{23},$$

$$Q_{13} = Q_{21} = Q_{31} = Q_{32}$$

위 행렬 Q에서 Q_{ij} 는 8×8 행렬로, 각 요소는 전이확률 $p(j|i)$ 로 이루어진다. 즉, 행렬 Q는 각 상태 간의 전이확률 행렬로서 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$I + Q + Q^2 + \dots = (I - Q)^{-1} \quad (3)$$

식 (3)의 우변은 Markov chain에서 흡수상태로 가기 전까지 일시상태를 방문하는 평균횟수를 나타내는 것으로, 기본행렬(fundamental matrix)로 불린다. 따라서 기본행렬에 각 상태에서의 기대득점을 알 수 있으면 한 회에 몇 득점을 얻을 수 있는가를 알 수 있게 된다. 각 상태에서의 기대득점을 나타내는 행렬을 R이라 하고, 아웃 수(노아웃, 원아웃, 투아웃)에 따라서 행렬 R을 세 가지 부분행렬로 나누어 표현해 보면 다음과 같다.

$$R = \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ R_3 \end{bmatrix} \quad (4)$$

단,

$$R_1 = \begin{bmatrix} p_4 \\ 2p_4 + p_3 + p_2 \\ 2p_4 + p_3 + p_2 + p_1 \\ 2p_4 + p_3 + p_2 + p_1 \\ 3p_4 + 2p_3 + 2p_2 + p_1 \\ 3p_4 + 2p_3 + 2p_2 + p_1 \\ 3p_4 + 2p_3 + 2p_2 + 2p_1 \\ 4p_4 + 3p_3 + 3p_2 + 2p_1 + p_B \end{bmatrix}, \quad R_1 = R_2 = R_3$$

예를 들어 식 (4)에서 노아웃에 주자가 없는 상태에서는 홈런으로만 점수를 낼 수 있으므로 그 상태에서의 기대득점은 부분행렬 R_1 의 첫 번째 요소인 p_4 , 즉 홈런을 칠 확률이 된다. 이제 행렬 Q 와 R 을 이용하면 한 회에서의 기대득점은 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$E = \sum_{k=0}^{\infty} Q^k R = [I - Q]^{-1} R \quad (5)$$

이때 어떤 회에서도 시작은 노아웃에 주자가 없는 상태(S=1)에서 시작되므로 한 회에서의 기대득점은 24차원 벡터 E 의 첫 번째 요소인 $E(1)$ 으로 볼 수 있다. 따라서 경기당 기대득점은 9회를 치른 후의 기대득점인 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$OERA = 9E(1) \quad (6)$$

2.2. DEA 모형

DEA(Data Envelopment Analysis)는 투입과 산출의 명확한 인과 관계를 밝히기 어려운 비영리적이며 공적인 의사결정단위(DMU; Decision Making Unit)들의 상대적인 효율성을 평가하기 위하여 개발된 기법으로서, 여러 종류의 산출을 생산하기 위하여 여러 종류의 투입요소를 사용하는 조직들의 효율성을 평가하기 위한 선형계획기법이다. 이 방법은 DMU들로부터 산출과 투입을 상호 비교함으로써 효율성을 측정하고, 측정대상이 되는 DMU를 다른 DMU들과 비교하여 상대적 개념에서의 비효율성을 나타내준다.

Charnes, Cooper and Rhodes (1978)에 의해 최초로 제시된 DEA 모형을 기술하면 다음과 같다. DEA는 다수의 투입요소와 산출요소의 가중합 비율로 정의되는 효율성 값을 계산하는데 있어서, 각 DMU가 자신의 효율성 값을 극대화할 수 있도록 요소별 가중치를 결정하는 아래와 같은 문제로 모형화 될 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{Max } h_0 &= \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \\ \text{s.t. } & \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1, \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (7) \\ & u_r, v_i \geq 0 \quad \text{for all } r \text{ and } i \end{aligned}$$

여기에서, y_{rj} = j-DMU의 r번째 산출요소 산출량
 x_{ij} = j-DMU의 i번째 투입요소 투입량
 u_r = r 번째 산출요소 가중치
 v_i = i 번째 투입요소 가중치

한편 Charnes, Cooper and Rhodes(1978)은 위 식이 비선형계획

법이라는 사실을 지적하면서 위 모형을 계산적으로 다루기 쉬운 선형계획문제로 변환시킨 이른바 CCR 모형을 제시하였다.

$$\begin{aligned} \text{Max } & \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} \\ \text{s.t. } & \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad (j=1, 2, \dots, n) \\ & \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1 \\ & u_r, v_i \geq 0 \quad \text{for all } r \text{ and } i \end{aligned} \quad (8)$$

본 연구에서는 계산 및 결과 해석의 편의를 위해서 CCR 모형의 쌍대문제인 식 (9)를 이용해서 DEA를 분석하기로 한다.

$$\begin{aligned} \text{Min } & \theta \\ \text{s.t. } & - \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + \theta x_{i0} \geq 0 \quad (i=1, 2, \dots, m) \\ & \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j \geq y_{r0} \quad (r=1, 2, \dots, s) \\ & \theta \text{ free and } \lambda_j \geq 0 \text{ for all } j \end{aligned} \quad (9)$$

위 식(9)에서 구해지는 목적함수값 θ^* 가 평가대상 DMU의 DEA 효율성 값을 나타내게 된다. 결국 만일 $\theta^*=1$ 인 DMU는 DEA 효율적인 경우가 되고 1보다 작은 값을 가지면 DEA 비효율적인 DEA가 되는 것이다.

3. DEA와 OERA 분석의 비교

3.1. 분석자료의 구축

분석대상 선수는 2000년도 시즌에서 기준 타수(경기수 × 3.1)를 넘긴 42명의 타자들로 한정하였고, 경기실적 기본 통계치(<표 1> 참조)는 2000년도 한국프로야구연감의 발표자료를 사용하였다.

OERA 분석을 위해서는 각 타자들의 타석수, 사사구수, 일루타수, 이루타수, 삼루타수, 홈런수의 통계값이 기초자료로 사용된다.

한편 DEA 분석에 있어서는 42명의 타자들을 각각의 DMU로 보고 투입요소는 타수와 병살타수로, 산출요소는 한국야구 협회에서 연말에 시상하는 8가지의 공격부문인 안타, 홈런, 타점, 득점, 도루, 타율, 장타율, 출루율로 선정하였다. 일본의 경우에는 산출요소로 1루타, 2루타, 3루타, 홈런, 타점, 도루, 희생타, 사사구를 사용하였다 (Sueyoshi, and Yamagishi, 1997).

3.2. OERA 및 DEA 분석결과 비교

다음 <표 2>는 각 선수들의 OERA 및 DEA 분석결과를 OERA 결과순으로 정리한 것이다.

표 1. 경기실적 자료

선수명	타율	타수	득점	안타	2루타	3루타	홈런	타점	도루	4구	병살타	장타율	출루율
박종호	0.340	441	89	150	30	3	10	58	9	61	4	0.490	0.428
김동주	0.338	470	78	159	29	1	31	106	5	51	17	0.602	0.413
브리또	0.338	405	65	137	26	4	15	70	3	31	8	0.533	0.399
송지만	0.338	468	93	158	33	2	32	91	20	52	10	0.622	0.409
데이비스	0.334	419	72	140	29	1	22	80	21	25	14	0.566	0.367
프랑코	0.327	477	79	156	19	1	22	110	12	63	11	0.509	0.403
장성호	0.324	450	90	146	30	1	14	48	6	88	7	0.489	0.436
이병규	0.323	527	99	170	28	1	18	99	14	52	15	0.482	0.383
장원진	0.323	527	94	170	27	5	7	59	10	43	12	0.433	0.374
이영우	0.318	478	91	152	36	5	25	64	7	52	5	0.571	0.392
우 즈	0.315	479	91	151	22	0	39	111	4	77	13	0.605	0.414
양준혁	0.313	432	79	135	30	2	15	92	15	73	6	0.495	0.415
박재홍	0.309	489	101	151	31	5	32	115	30	64	15	0.589	0.388
김재현	0.308	464	83	143	32	2	11	62	6	81	11	0.457	0.415
심정수	0.304	454	75	138	21	2	29	91	3	69	12	0.551	0.400
로마이어	0.296	473	73	140	30	0	29	95	3	53	19	0.543	0.369
마해영	0.294	497	73	146	25	1	23	90	2	51	10	0.487	0.378
이승엽	0.293	454	109	133	33	0	36	95	4	80	5	0.604	0.404
홍성훈	0.290	438	55	127	13	2	10	59	10	32	11	0.397	0.340
정경배	0.289	374	60	108	25	1	12	38	5	33	5	0.457	0.358
스미스	0.288	423	71	122	27	1	35	100	0	53	17	0.605	0.366
박진만	0.287	421	67	121	30	4	15	58	0	36	9	0.485	0.349
강석천	0.286	433	57	124	24	2	7	49	15	34	18	0.400	0.349
박정태	0.284	387	51	110	15	2	6	53	3	47	13	0.380	0.361
박경완	0.282	408	83	115	16	0	40	95	7	87	7	0.615	0.419
유지현	0.281	495	97	139	24	1	7	38	25	73	4	0.376	0.373
김대익	0.278	464	72	129	27	4	6	47	12	53	5	0.392	0.352
정수근	0.277	502	82	139	23	3	3	50	47	47	5	0.353	0.341
김응국	0.277	401	57	111	15	3	6	44	9	34	7	0.374	0.336
심재학	0.265	430	66	114	30	1	21	75	3	51	7	0.486	0.361
조경환	0.264	386	52	102	15	2	25	64	1	42	6	0.508	0.349
장종훈	0.264	447	66	118	19	0	28	81	1	52	15	0.494	0.354
김한수	0.263	464	54	122	26	1	7	57	8	30	7	0.369	0.322
최태원	0.262	492	71	129	16	0	5	50	9	56	9	0.325	0.348
정성훈	0.260	457	50	119	21	3	1	37	9	25	7	0.326	0.302
이종열	0.250	420	65	105	19	4	6	35	9	41	33	0.357	0.326
김민재	0.249	382	48	95	10	3	3	33	14	36	8	0.314	0.322
채종범	0.247	457	55	113	22	5	8	52	5	35	10	0.370	0.311
김종훈	0.245	444	73	109	24	2	11	40	7	46	9	0.383	0.323
이호성	0.242	397	52	96	25	0	8	57	13	65	8	0.365	0.353
김태균	0.240	396	43	95	20	1	4	36	5	31	15	0.326	0.300
퀸 란	0.236	487	74	115	23	2	37	91	2	36	6	0.520	0.302

표 2. OERA 및 DEA 분석 결과

선수명	OERA 점수	DEA 효율치
박경완*	10.3446	100.00
우즈*	9.9324	100.00
송지만*	9.8847	100.00
이승엽*	9.6552	100.00
장성호	9.5859	98.75
박종호*	9.2079	100.00
박재홍*	8.9496	100.00
양준혁*	8.7633	100.00
심정수	8.7633	93.91
이영우*	8.7192	100.00
프랑코*	8.4717	100.00
브리또*	8.4231	100.00
김재현	8.3844	91.69
스미스*	8.2566	100.00
데이비스*	7.9281	100.00
로마이어	7.6095	89.10
이병규	7.4655	95.56
김동주*	7.3665	100.00
마해영	7.1685	88.67
심재학	6.6870	85.44
장종훈	6.6672	83.42
조경환	6.5457	94.37
장원진	6.2928	94.84
박진만	6.2676	87.37
정경배	6.2397	99.34
유지현*	5.6988	100.00
퀸란	5.6430	91.23
강석천	5.3613	87.35
김대익	5.3568	83.44
박정태	5.3244	93.35
이호성	5.1291	92.68
홍성훈	4.9662	85.62
김웅국	4.6629	87.87
김종훈	4.5288	77.34
정수근*	4.5072	100.00
김한수	4.3578	77.51
최태원	4.3569	77.17
이종열	4.1967	80.05
채종범	4.0932	72.80
김민재	3.6135	90.35
김태균	3.4614	77.00
정성훈	3.3309	76.69

* : DEA 효율적인 선수들

분석결과, OERA는 현대 유니콘스의 박경완 선수가 10.34로 가장 높은 값을 보이고 있다. 즉, 만일 현대 유니콘스의 모든 선수가 박경완과 같은 공격력을 가진 선수라면 매 경기당 평

균적으로 약 10점의 점수를 얻을 수 있다고 해석할 수 있다. OERA의 점수가 높게 나온 선수들의 면면을 보면 박경완, 우즈, 이승엽, 양준혁 등 대체로 장타력이 높은 선수들이 주종을 이루고 있음을 알 수 있다. 반면에 정수근, 이종열, 유지현 등 기동력 위주의 빠른 공격 패턴을 보여주는 선수들은 그들의 명성에 비해 상대적으로 낮은 점수를 얻고 있음을 알 수 있다.

이러한 OERA 결과의 편향성은 수학적 계산의 편의를 위해서 설정된 OERA의 가정에서 도루와 병살타를 고려하지 않는 것에서 비롯되는 것이다. 도루는 야구경기를 보다 빠르고 흥미진진하게 만드는 역할을 함으로써 현대 야구에서 그 중요성이 점점 더해가는, 공격력 평가에 있어서 빠져서는 안 될 요소 중 하나이다. 또한 병살타는 점수를 얻을 수 있는 절호의 기회를 한 번에 무산시킴으로써 경기의 최종결과에 큰 영향을 미칠 수 있는 중요한 플레이이다. 따라서 보다 다각적인 관점에서 선수의 공격력을 평가하기 위해서는 도루와 병살타 등에 대한 고려가 수반되어야 하는 것이다.

본 연구에서는 위와 같은 OERA의 단점을 보완하고, 장타력 이외에 좋은 타자가 갖추어야 할 다양한 측면의 공격요소를 공평하게 고려한 선수들의 성과를 측정하기 위하여 투입요소는 타수와 병살타수로 하고 산출요소는 안타, 홈런, 타점, 득점, 도루, 타율, 장타율, 출루율로 하는 DEA 분석을 실시하였다. 그러나 <표 2>에 나와 있는 DEA 분석결과에 의하면 총 42명 중 16명의 선수들이 가장 높은 점수인 100점을 얻고 있다. 즉, DEA 분석에 의하면 상위 15명의 선수들 간에는 순위를 결정하는 것이 불가능하다는 문제점을 보이고 있는 것이다. 이러한 결과가 초래된 이유는 DEA 모형의 특성상 자신에게 가장 유리한 부분에 해당하는 요소에만 가중치를 주고 그렇지 않은 요소에는 가중치를 '0'으로 할당하는 것을 막을 수 없기 때문으로 볼 수 있다.

그러나 대체적으로 DEA 점수가 가장 효율적인 100인 선수들이 OERA 점수 역시 높은 순위에 올라 있음을 볼 수 있는데, 통계적으로 OERA와 DEA 결과치들 간의 상관분석을 실시해 보면 상관계수가 0.694가 도출되어 비교적 강한 상관 정도를 보이고 있는 것으로 나타났다. 반면에 예외적으로 볼 수 있는 경우로 정수근 선수와 유지현 선수를 들 수 있겠다. 정수근 선수의 경우에는 OERA의 단점이라고 볼 수 있는 도루를 고려하지 않은 부분이 이 선수의 OERA 점수를 떨어뜨리게 된 요소라고 볼 수 있다. 즉, DEA 분석에서 산출요소로 넣었던 도루가 OERA에서는 고려되지 않는 요소라는 점이 도루성적 1위인 이 선수의 DEA 효율성과 OERA 점수 간의 심한 격차를 보여주는 경우라 할 수 있다. 그리고 유지현 선수의 경우에는 DEA 분석에서 투입요소로 고려하였던 병살타가 OERA에서는 고려하지 않았다는 것이 OERA 점수를 떨어뜨리는 결과를 초래했다. 즉, 병살타를 가장 적게 침으로써 DEA 분석에서는 최고효율성을 가질 수 있었으나, OERA에서 고려하는 여섯 가지 요소에서는 평균 이하의 성적을 거둬으로써 OERA 점수가 낮게 산출된 것이다.

4. DEA/OERA 분석

4.1. DEA와 OERA의 결합

앞에서 살펴본 바와 같이 야구선수들의 성과를 측정하는 두 가지 방법에는 나름대로의 문제점을 내포하고 있다. 즉, OERA는 도루나 병살타 등의 현대야구에서 없어서는 안 될 중요한 공격요소를 전혀 고려하지 못한다는 결점이 있고, 반면에 DEA는 이와 같은 요소들을 모두 고려할 수 있는 대신에 자신에게 가장 유리한 부분에 해당하는 요소에만 가중치를 주고 그렇지 않은 요소에는 가중치를 '0'으로 할당함으로써 최고의 효율성 값을 가지는 선수들이 너무 많이 도출된다는 문제점을 보이고 있었다. 실제로 <표 3>에 나타나 있는 각 선수들의 DEA 분석 결과 얻어진 각 요소들의 가중치값을 보면 이와 같은 사실을 확인할 수 있다.

본 장에서는 야구선수의 성과를 체계적으로 측정하는 데 있어서 OERA와 DEA의 결점을 보완하고 장점을 살리기 위하여 Sueyoshi and Yamagishi (1997)에 의해서 개발된 두 방법을 결합하는 새로운 DEA 방법을 소개한다. 이 방법은 기본적으로 DEA/AR(Assurance Region)에 기초를 두고 있다. DEA/AR법은 DEA 분석에 있어서 입·출력 요소의 가중치 값에 일정한 제약을 두는 형태로서, DEA 계산과정에 전문가 의견 등과 같은 사전적인 정보를 반영할 수 있도록 개발된 방법이다. 즉, DEA의 입·출력 요소의 상한과 하한을 설정함으로써 효율성 측정결과를 보다 현실적으로 측정하기 위한 것이다. 일반적으로 DEA/AR에서는 다음과 같은 형태로 가중치 값에 제약을 가한다.

$$\alpha_i^L \leq v_i / v_1 \leq \alpha_i^U \quad (i = 2, \dots, m) \tag{10}$$

$$\beta_r^L \leq u_r / u_1 \leq \beta_r^U \quad (r = 2, \dots, s)$$

표 3. DEA 분석결과 및 가중치

선수	효율치	타수 V(1)	병살타 V(2)	타율 U(1)	홈런 U(2)	타점 U(3)	득점 U(4)	도루 U(5)	안타 U(6)	장타율 U(7)	출루율 U(8)
박종호	1.00000	0.002138	0.014325	1.845695	0.000773	0.000496	0.002108	0.000733	0.001794	0.135589	0.193518
김동주	1.00000	0.002125	0.000086	0.008377	0.000026	0.006147	0.000302	0.000025	0.000061	0.004582	0.006540
브리토	1.00000	0.002421	0.002427	1.956280	0.000735	0.000471	0.002003	0.000697	0.001704	0.128828	0.183869
송지만	1.00000	0.002135	0.000087	0.008418	0.000026	0.006177	0.000304	0.000025	0.000061	0.004605	0.006572
데이비스	1.00000	0.002340	0.001392	0.699024	0.000421	0.004128	0.001148	0.000399	0.000977	0.073877	0.105440
프랑코	1.00000	0.002089	0.000333	0.032271	0.000101	0.002197	0.000274	0.005553	0.000234	0.017653	0.025195
이영우	1.00000	0.001897	0.018662	0.020253	0.000063	0.005532	0.005180	0.000060	0.000147	0.011079	0.015812
우 즈	1.00000	0.002062	0.000961	0.093219	0.000291	0.003479	0.004059	0.001773	0.000675	0.050993	0.072779
양준혁	1.00000	0.001893	0.030393	1.749567	0.000490	0.000314	0.001335	0.002627	0.001136	0.085871	0.122559
박재홍	1.00000	0.001777	0.008736	0.015881	0.000050	0.000032	0.000135	0.000047	0.011526	1.061146	0.012399
이승엽	1.00000	0.002189	0.001260	1.552184	0.003289	0.000245	0.001039	0.000362	0.000885	0.066868	0.095437
스미스	1.00000	0.002353	0.000283	0.027433	0.000086	0.001912	0.000233	0.006231	0.000199	0.187867	0.021418
박경완	1.00000	0.002449	0.000105	2.077304	0.003780	0.000020	0.002207	0.000030	0.000074	0.005575	0.007958
유지현	1.00000	0.000328	0.209452	0.507669	0.001584	0.001016	0.004317	0.001502	0.008928	0.277707	0.396355
정수근	1.00000	0.001987	0.000519	0.050309	0.000157	0.000101	0.000428	0.000149	0.008510	0.027520	1.585553
정경배	0.993401	0.002268	0.030380	1.863263	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.995903	0.000000
장성호	0.987526	0.002222	0.000000	0.000000	0.003737	0.001163	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.104914
이병규	0.955575	0.001898	0.000000	0.000000	0.001951	0.003331	0.000000	0.001982	0.000000	0.000000	0.000000
장원진	0.948387	0.001898	0.000000	0.000000	0.000000	0.005579	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
조경환	0.943707	0.002144	0.028726	1.761798	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.941671	0.000000
심정수	0.939087	0.002083	0.004524	0.000000	0.000000	0.003683	0.000801	0.002068	0.000000	0.000000	0.548148
박정태	0.933535	0.002584	0.000000	0.613361	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	2.104604
이호성	0.926805	0.002519	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.010687	0.000000	2.234692
김재현	0.916923	0.002155	0.000000	0.000000	0.001390	0.002960	0.000000	0.001283	0.000000	0.000000	0.720335
권 란	0.912254	0.001127	0.075223	0.000000	0.000000	0.000000	0.024656	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
김민재	0.903487	0.002618	0.000000	0.209897	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.010985	0.000000	2.168879
로마이어	0.890956	0.002114	0.000000	0.000000	0.001908	0.002782	0.000501	0.002341	0.000000	0.230634	0.000000
마해영	0.886669	0.001766	0.012213	0.000000	0.000000	0.004628	0.000484	0.002221	0.000000	0.000000	0.000000
김응국	0.878651	0.002457	0.002083	1.147194	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.005546	0.000000	1.523116
박진만	0.873697	0.002375	0.000000	1.171562	0.003427	0.001186	0.000000	0.000000	0.000000	0.333549	0.006624
강석천	0.873497	0.002309	0.000000	0.000000	0.000000	0.002192	0.000000	0.000000	0.005224	0.000000	1.501423
홍성훈	0.856224	0.002283	0.000000	0.217589	0.000000	0.006112	0.000000	0.000164	0.000716	0.000000	0.000000
심재학	0.854439	0.002102	0.013744	0.000000	0.000000	0.004084	0.000000	0.002084	0.000000	0.316743	0.217782
김대익	0.834413	0.002065	0.008330	0.000000	0.000000	0.005979	0.000000	0.000000	0.005265	0.000000	0.000000
장종훈	0.834174	0.002237	0.000000	0.000000	0.000000	0.003855	0.002950	0.000043	0.000000	0.000000	0.829449
이종열	0.800526	0.002381	0.000000	0.886545	0.000438	0.000020	0.000000	0.000000	0.004612	0.000000	1.553428
김한수	0.775110	0.002135	0.001360	0.000000	0.000000	0.006114	0.000000	0.000511	0.000000	0.000000	0.000000
김종훈	0.773364	0.002252	0.000000	0.000000	0.004474	0.000837	0.000000	0.000000	0.004458	0.000000	1.003110
최태원	0.771701	0.002033	0.000000	0.000000	0.000000	0.005935	0.000000	0.000000	0.000672	0.000000	0.000000
김태균	0.770012	0.002525	0.000000	0.864793	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.005067	0.000000	1.793471
정성훈	0.766904	0.002188	0.000000	0.000000	0.000000	0.006390	0.000000	0.000000	0.000724	0.000000	0.000000
채종범	0.727995	0.002188	0.000000	0.000000	0.000000	0.006385	0.000000	0.000125	0.000000	0.000000	0.000000

여기에서 α_i^L 과 α_i^U 는 입력요소에 관한 가중치 비율 v_i/v_1 의 상한과 하한을 의미하고, β_r^L 과 β_r^U 는 출력요소에 관한 가중치 비율 u_r/u_1 의 상한과 하한을 의미한다. 따라서 DEA/AR 모형은 기존의 DEA 모형인 식 (8)에 제약식으로 식 (10)을 첨가한 다음과 같은 형태로 모형화 할수 있다.

$$\begin{aligned} \text{Max} \quad & \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad (j=1, 2, \dots, n) \\ & \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1 \\ & \alpha_i^L \leq v_i/v_1 \leq \alpha_i^U \quad (i=2, \dots, m) \\ & \beta_r^L \leq u_r/u_1 \leq \beta_r^U \quad (r=2, \dots, s) \end{aligned} \quad (11)$$

여기에서 주목할 부분은 기존의 DEA 모형과 비교해서 식 (11)과 같은 DEA/AR 모형의 중요한 특징은 측정결과 효율적으로 판단되는 DMU 수의 감소를 기대할 수 있다는 것이다. 따라서 앞에서 지적된 것과 같은 DEA의 단점인 최고의 효율성 값을 가지는 선수들이 너무 많이 도출된다는 문제점을 DEA/AR을 통해서 어느 정도 해결할 수 있다는 기대가 가능하게 된다. 그러나 DEA/AR 모형의 적용에 있어서 어려운점은 가중치 비율의 상한과 하한값을 어떻게 결정하느냐에 있다. 사실 그러한 값을 결정하기 위해서는 어느 정도 주관성의 개입을 막기 어렵기 때문에 누구나 납득할 수 있는 상하한 값을 찾기란 그리 쉬운 일이 아닐 수 있다. 특히 본 연구에서와 같이 야구선수를 평가대상으로 삼는 경우에는 야구라는 경기의 특성을 반영할 수 있는 제한값을 찾는 것이 보다 현실적인 성과 측정을 위하여 중요한 요소라 할 수 있을 것이다.

우선 기존의 DEA/AR이 식 (10)과 같이 입력요소와 출력요소에 각각의 제약을 가해온 반면에 본 연구에서는 야구경기의 특성을 반영하여 다음과 같은 비율값을 이용하여 가중치의 상하한을 두기로 한다.

$$\frac{v_2}{v_1}, \frac{u_r}{v_1} \quad (r=1, \dots, 8) \quad (12)$$

식 (12)를 보면 일반적인 DEA/AR 모형과 달리 가중치 비율의 분모가 모두 타석수의 가중치 값(v_1)으로 되어 있음을 알 수 있다. 반면에 분자를 형성하는 요소들은 타석에 선 이후에 기록으로 남는 경기결과와 성질을 가지고 있는 항목들의 가중치이다. 결국 타석수에 대한 여러 결과 항목들의 비율에 대해서만 제약을 가하기로 한다. 특히 본 연구에서는 가중치 비율의 하한값만을 OERA 분석결과를 이용하여 부여하고, 상한값은 부여하지 않기로 한다. 그 이유는 타석에 선 이후의 기록은 우수하면 우수할수록 바람직하기 때문이다.

각 비율의 하한값은 다음과 같이 설정한다. 우선 OERA의 상

위에 오른 타자들의 순서대로 각 요소에 대한 가중치 결과를 이용하여 식 (12)와 같은 계산을 실시한다. 이때, 가중치가 '0'이 나오면 최초로 가중치가 '0'이 아닌 값이 나오는 타자가 나올 때까지 OERA의 점수 순으로 계산을 해내려온다. 이러한 과정을 거쳐서 식 (12)의 각 비율값에 있어서 최초로 가중치 '0'이 아닌 값이 나오는 선수들 중 OERA 점수가 가장 낮은 선수를 '갑'이라 하자. 그러면 식 (12)의 모든 비율값에 대해서 OERA 점수가 가장 높은 선수부터 선수 '갑'까지 모두 계산을 한 후, 그 중 '0'보다는 크면서 가장 최소값을 하한값으로 설정하도록 한다.

본 연구에서는 OERA 점수가 가장 높은 박경완 선수가 모든 요소에 대해서 '0'이 아닌 가중치를 가지는 것으로 계산되었기 때문에 식 (12)의 모든 하한값이 박경완 선수에 해당되는 값으로 결정되어졌다. 다음은 위와 같이 계산된 하한값을 이용한 DEA/AR 모형이다.

$$\begin{aligned} \text{Max} \quad & \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad (j=1, 2, \dots, n) \\ & \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1 \\ & \frac{v_2}{v_1} \geq 0.0429, \quad \frac{u_1}{v_1} \geq 848.16 \\ & \frac{u_2}{v_1} \geq 1.5433, \quad \frac{u_3}{v_1} \geq 0.0083 \\ & \frac{u_4}{v_1} \geq 0.9010, \quad \frac{u_5}{v_1} \geq 0.0123 \\ & \frac{u_6}{v_1} \geq 0.0301, \quad \frac{u_7}{v_1} \geq 2.2765 \\ & \frac{u_8}{v_1} \geq 3.2491, \quad v_1 \geq \epsilon (= 0.00001) \end{aligned} \quad (13)$$

위 모형에서 마지막 제약식은 v_1 이 분모로 사용되기 때문에 필요한 제약조건이다.

4.2. DEA/OERA 모형의 분석결과

다음 <표 4>는 각 선수들의 DEA/OERA 분석결과를 DEA 분석결과와 함께 정리한 것이다.

<표 4>의 분석결과를 보면, 우선 DEA 분석에서는 최고의 효율성을 가졌던 16명의 선수들 중 김동주, 박종호, 이영우, 유지현, 스미스, 이종열 등의 6명의 선수들은 DEA/OERA 분석을 통해서 100% 효율성 선수 명단에서 제외되었다. 따라서 DEA 분석에 있어서 최고의 효율성을 나타내는 선수가 너무 많이 도출된다는 가장 큰 문제점이 DEA/OERA 분석을 통해서 많이 완화될 수 있음을 확인할 수 있다.

표 4. DEA/OERA 분석결과

선수명	DEA/OERA	DEA
박경완	100.00	100.00
우 즈	100.00	100.00
송지만	100.00	100.00
이승엽	100.00	100.00
박재홍	100.00	100.00
양준혁	100.00	100.00
프랑코	100.00	100.00
브리토	100.00	100.00
데이비스	100.00	100.00
정수근	100.00	100.00
김동주	96.99	100.00
정경배	96.96	99.34
장성호	96.82	98.75
박종호	96.76	100.00
장원진	94.76	94.84
이영우	94.03	100.00
심정수	93.83	93.91
유지현	93.15	100.00
이호성	92.68	92.68
스미스	92.43	100.00
김재현	91.69	91.69
조경환	91.30	94.37
김민재	90.35	90.35
이병규	90.09	95.56
박정태	89.97	93.35
로마이어	88.55	89.10
박진만	87.37	87.37
강석천	87.35	87.35
마해영	86.64	88.67
심재학	84.75	85.44
김응국	84.66	87.87
홍성훈	83.64	85.62
김대익	82.08	83.44
장중훈	81.73	83.42
이종열	79.86	100.00
김한수	77.47	77.51
김중훈	77.27	77.34
최태원	77.17	77.17
김태균	77.00	77.00
정성훈	76.69	76.69
퀸 란	74.85	91.23
채중범	64.83	72.80

특히 이종열 선수의 경우에는 DEA 분석에서는 100%의 효율치를 가졌으나 DEA/OERA 분석결과로는 79%에 그치는 것을 볼 수 있다. 또한 전반적으로 DEA에 비해서 DEA/OERA 분석결과가 효율성 값이 하향되는 것을 알 수 있다. 이러한 사실은 DEA 모형에서는 극단적인 가중치 값을 가지던 일부 선수들이 DEA/OERA 모형을 통해서 OERA 분석결과로부터 얻은 정보를 이용하여 보다 현실적인 가중치 값을 가지도록 유도함으로써 나온 결과로 해석할 수 있겠다.

5. 결론

본 논문은 한국 프로야구들에 대하여 경영과학적 기법을 사용하여 보다 정확한 성과측정을 시도하기 위하여 효율성 계산방법인 DEA와 Markov Chain을 이용한 OERA를 사용하여 두 결과를 비교분석하였다.

분석결과 OERA는 모든 선수들의 성과 순위를 매길 수 있다는 장점이 있는 반면에 야구게임을 Markov Chain으로 표현하는 데에 있어서 현실세계의 상황을 완벽하게 구현하지는 못하는데 따른 단점을 가지고 있음을 알 수 있었다. 즉, 타자의 경기 성과 중에서 타수, 사사구, 단타, 이루타, 삼루타, 홈런 등 6가지의 요소만을 고려하고 병살타, 희생타, 도루 등 근대 야구 경기에서 의미있는 성과요소들을 고려하지 못하는 데서 따르는 문제점이 발견되었다.

반면에 DEA는 야구경기의 경기성과에 대한 다양한 요소들을 투입 및 산출요소로 적절히 선정한 후 각 선수들의 성과에 대한 일종의 효율성을 상대비교할 수 있다는 장점을 가지고 있는 반면에, 최고의 효율성을 가진 선수들이 다수가 도출됨으로써 정교한 비교가 어렵다는 단점을 가지고 있었다.

이에 본 연구에서는 OERA와 DEA의 결점을 보완하고 장점을 살리기 위하여 DEA/AR(Assurance Region)에 기초를 두고, OERA 분석결과로부터 얻어진 사전정보를 DEA/AR 모형에 반영함으로써 두 방법을 결합할 수 있는 새로운 DEA/OERA 방법을 소개하였다. 새로운 방법에 의한 분석결과, OERA 분석에서 고려하지 못하는 요소들을 모두 포함시키면서 DEA 분석의 단점이었던 최고의 효율성을 가진 선수들이 다수가 도출된다는 문제점을 어느 정도 해결할 수 있음을 확인할 수 있었다.

DEA 분석시에 가장 주의해야 할 점은 투입요소와 산출요소의 선정이다. DEA 분석은 OERA에 비해 각각의 DMU에 대한 투입요소와 산출요소를 자유롭게 선택할 수 있는 장점이 있으나, 이 선정이 잘못된다면 분석 자체가 무의미해질 수도 있다는 점을 간과해서는 안 된다. 그러므로 향후 연구에서는 DEA의 투입요소와 산출요소에 대한 보다 명확한 기준제시의 방법이 필요할 것이다.

한편 타자의 모든 통계치 중에 OERA에서는 타수, 사사구, 단타, 이루타, 삼루타, 홈런 등 6가지의 요소만을 고려하고 병살타, 희생타, 도루 등 근대 야구경기에서 의미있는 요소들을

고려하지 않고 있는 요소들에 의해 효율성과 기대득점이 많은 차이를 보이는 것을 발견할 수 있었다. 따라서 희생타와 병살타, 도루 등의 요소들을 기존의 OERA의 요소로 사용할 수 있는 방법에 대한 추후 연구가 필요할 것이다.

본 연구는 국내 야구선수들의 경기성적을 경영과학적 기법을 이용하여 보다 과학적으로 측정해 보기 위한 시도로서, 체계적인 스포츠 경영의 도입을 통하여 국내 프로스포츠 산업의 발전을 도모할 수 있는 기초적인 방법론을 제시하였다는 데 그 의미를 찾을 수 있겠다. 또한 본 연구의 결과는 본 연구에서 시도한 두 가지 방법론의 단점을 상호 보완할 수 있는 새로운 야구경기 성과측정 방법론 개발의 이론적 기초를 제공할 수 있으리라 기대되는 바이다.

참고문헌

- Bennett, J. M. and J. A. Flueck (1983), An evaluation of major league offensive performance models, *The American Statistician*, **37**, 76-82.
- Bukiet, B., E. R. Harold and J. L. Palacios (1997), A Markov chain approach to baseball, *Operations Research*, **45**, 14-23.
- Charnes, A., W. W. Cooper and E. Rhodes (1978), Measuring the efficiency of decision making units, *European Journal of Operational Research*, **2**, 429-444
- Cho, H. (1999), An analysis of trends in sport management research in Korea, *Korean Journal of Sport Management*, **4**(2), 123-141
- Cover, T. M. and C. W. Keilers (1977), An offensive earned-run average for baseball, *Operations Research*, **25**, 729-740.
- Gerchak, Y. (1994), Operations Research in sports, in: Pollock et al. (Eds.), *Handbooks in Operations Research and Management Science*, Vol. 6, North Holland, Amsterdam, 507-527.
- Hashimoto, Y. (1993), DEA evaluation of baseball batters, *Communications of the Operations Research Society of Japan*, **38**, 146-153.
- Kim, C. (2001), A Study on the evaluation of value of professional baseball clubs in Korea, *Korean Journal of Sport Management*, **6**(1), 15-30
- Kim, E. (2002), The relationship of game performance and annual salary for Korean professional baseball pitchers, *Journal of Korean Sociology of Sport*, **15**(1), 95-104
- Lee, Y. (2002), Competitive balance in Japanese, Korean and U. S. professional baseball leagues, *Journal of Korean Sociology of Sport*, **15**(2), 273-287
- Oh, K. and J. Lee (2003), A Model study on salaries of Korean pro-baseball players using data mining, *Journal of Korean Sociology of Sport*, **16**(2), 295-309
- Rosner, B., F. Mosteller and C. Youtz (1996), Modeling pitcher performance and the distribution of runs per inning in major league baseball, *The American Statistician*, **50**, 352-360.
- Sueyoshi, T., K. Ohnishi and Y. Kinase (1999), A Benchmark Approach for Baseball Evaluation, *European Journal of Operational Research*, **115**, 429-448
- Sueyoshi, T. and S. Yamagishi (1997), Baseball evaluation using DEA/OERA, *Communications of Japan Industrial Management Association*, **7**, 40-51



이덕주

서울대학교 산업공학과 학사
 서울대학교 산업공학과 석사
 서울대학교 산업공학과 박사
 현재: 경희대학교 테크노공학대학 조교수
 관심분야: DEA, 경제성공학, 기술경영



양원모

경희대학교 산업공학과 학사
 경희대학교 산업공학과 석사
 현재: 동우 STI 경영혁신팀
 관심분야: DEA, 경제성공학, 스포츠경영