

# IT중소기업 정부자금 지원정책 성과 평가를 위한 DEA/(AR-I, ARGM) 모형 설계 및 민감도 분석

박성민<sup>1\*</sup> · 김 현<sup>1</sup> · 백동현<sup>2</sup>

<sup>1</sup>백석대학교 경상학부 / <sup>2</sup>한양대학교 경상대학 경영학부

## Design of DEA/(AR-I, ARGM) Models and Sensitivity Analysis for Performance Evaluation on Governmental Funding Projects for IT Small and Medium-sized Enterprises

Sungmin Park<sup>1</sup> · Heon Kim<sup>1</sup> · Donghyun Baek<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Business Administration, Baekseok University, Cheonan 330-704, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Business Administration, Hanyang University, Ansan 426-791, Korea

Recently, it has been strongly required to establish a systematic and sustainable performance investigation and evaluation framework on governmental funding projects for IT small and medium-sized enterprises. In this paper, Data Envelopment Analysis (DEA) models are adopted for performance evaluation on governmental funding projects for IT small and medium-sized enterprises. A new data structure is proposed for the DEA performance evaluation. Generally, in using DEA models, DEA multipliers restriction is critical to achieve the reliability of DEA optimal solutions. Based on the outputs and inputs considered in this study, Acceptance Region (AR) constraints are generated and incorporated into the DEA models so as to improve the reliability of DEA efficiency scores. Associated with AR Type I (AR-I), AR Global Model (ARGM) constraints, DEA/(AR-I, ARGM) models are designed and then sensitivity analysis follows investigating the robustness of DEA efficiency scores relating to AR constraints adjustment. Finally, a performance evaluation is illustrated regarding governmental direct funding projects from Ministry of Information and Communication (MIC) in Korea where each project unit (i.e. Decision Making Unit (DMU)) is determined whether it is efficient or not. By using DEA/(AR-I, ARGM) models designed in this paper, robustly efficient DMUs are gradually identified according to the successive AR constraints adjustment. Among 25 DMUs, results show that 6 DMUs such as B, E, G, Q, S, Y are determined as robustly efficient against AR constraints intermediate adjustment.

**Keywords:** DEA/(AR-I, ARGM), Efficiency, Governmental Funding Projects, IT Small and Medium-Sized Enterprises, Multipliers Restriction, Performance Evaluation

### 1. 서론

2004년 정보통신부 (MIC)는 'IT Small and Medium-sized Enterprises Revitalization Program (SMERP) 2010계획' 및 'IT839 전략'을 입안하고, 2006년 상기 계획과 전략을 수정한 바 있다

(MIC, 2006<sup>2,3</sup>). 이에 앞선 1993년부터 정보통신진흥기금을 조성하고, 정보통신연구진흥원 (IITA)을 관리기관으로 기금운 용과 지원사업 등을 수행하고 있다 (MIC, 2006<sup>2</sup>; MIC · IITA, 2006<sup>1</sup>; MIC · IITA, 2007<sup>1</sup>).

한편, 국내 IT산업 전체 R&D 투자액은, 2001년 7조 1,099억

\* 연락처 : 박성민, 330-704 충청남도 천안시 안서동 115번지, Tel : 041-550-2497, Fax : 041-550-9172,

E-mail : smpark99@bu.ac.kr

2008년 02월 접수; 2008년 04월 수정본 접수; 2008년 05월 게재 확정.

원(공공 7,720억 원 + 민간 6조 3,379억 원)에서 2005년 11조 2,830억 원(공공 1조 2,028억 원 + 민간 10조 802억 원)으로 58.69% (공공 55.80% + 민간 59.05%) 증가했으며, 2006년 정보통신진흥기금사업 성과 평가 지침을 보면, 2006년 기금사업 소계만으로도 9,634억 원이 확인되고 있다. 정보통신부 IT중소기업 지원사업은 직접자금 지원사업(중소기업기술개발을 위한 ① 출연, ② 투자, ③ 융자) 및 간접 지원사업 (① 기술지원, ② 인력·창업지원, ③ 판로·수출·정보화지원)으로 구성된다. 2006년 정보통신부의 IT중소기업을 위한 지원예산은 직접자금 지원사업 3,211억 원(70%), 간접 지원사업 1,364억 원(30%)임이 확인된다(KNSO, 2007; MIC, 2006<sup>1</sup>; MIC·IITA, 2007<sup>1</sup>; STICC, 2006).

향후, IT중소기업 정부자금 지원정책은, 직접자금 지원사업을 지양하고, 과제 선정과 성과 평가에서 시장 창출·기술 혁신에 기초한 경제 원리를 강화하고, 장기적으로는 기금조성 감소 → 기금지출 축소에 따른 정부자금 지원정책 통폐합 등이 예상된다 (STICC, 2006). 'IT SMERP 2010계획'에서 제시된 것처럼, IT중소기업 현황의 적시적 측정과 지원정책의 정량적 성과 평가는, 정보통신부가 지향하는 '시장 밀착형 지원정책을 수립 → 집행 → 평가하는 지속가능한 체계'의 확립이라는 목표에 부합된다고 판단된다(MIC, 2006<sup>2</sup>).

Data Envelopment Analysis (DEA, 자료포락분석)는 다수출력/다수입력을 갖는 IT중소기업 정부자금 지원정책 성과 평가에 활용될 수 있으며, 최근 DEA를 활용한 정부자금 지원정책 성과 평가가 시도된 바 있다(Gi *et al.*, 2004; MIC·IITA, 2006<sup>2</sup>). 이외의 대표적인 DEA 활용분야를 정리하면, R&D 사업 성과 (Rhim *et al.*, 1999; Hwang, 2006; Hwang and Hwang, 2005), 공공기관 운영-기초 자치단체 행정 정보화 수준(Kim, 2006), 도시지역 경찰서 업무 성과 (Parks, 1983), 군사-탄약중대 수행도 (Bae *et al.*, 2006), 금융-헤지펀드 (hedge fund) 및 상품거래 전문가 (commodity trading advisors) 업무 성과 (Gregoriou and Zhu, 2005), 교육내용-학교운영 (Bessent *et al.*, 1982; Charnes and Cooper, 1980; Charnes *et al.*, 1981; Sohn and Joo, 2004), 병원 운영 (Banker *et al.*, 1986; Park *et al.*, 2005), 부동산-주택가격 (Kim and Kim, 2007), 스포츠-프로야구선수 성과 평가 (Lee and Yang, 2004), 은행지점 운영 (Sherman and Gold, 1985) 등이 보고된 바 있다. 이와 함께, DEA 모형의 기본 개념, 전통적인 통계 분석 방법론과의 차이점, 강·약점 분석 등과 관련된 대표적인 참고문헌들을 확인할 수 있다 (Banker *et al.*, 1984; Banker *et al.*, 1996; Callen, 1991; Charnes *et al.*, 1978; Cooper *et al.*, 2004; Cooper *et al.*, 2007; Kim, 2006; Winston, 2004; Zhu, 2003).

## 2. 연구 주제

정부자금 지원정책의 각 관리과제는 동일한 다수출력/다수입력 자료구조를 갖는 DEA 성과평가 개체, 즉 Decision Making Unit (DMU)으로 간주될 수 있다. 하지만, Seiford and Thrall (1990)이 지적한 대로, 실제 DEA 성과 평가에 있어 가장 큰 난점으로는 출력/입력요소 정의·측정, DEA 모형 선택 그리고 출력/입력요소 가중치 (multiplier)의 제약 등이 지적되고 있다.

또한, 정부자금 지원정책의 수혜기업에게 투입되는 모든 자원과 이로 인해 창출되는 직접·간접적 성과들이 매우 광범위하고 다양할 뿐 아니라, 이러한 자원 투입시점과 성과 발생기간에 시차(time-lag)가 존재하는 점 등은 성과 평가시 대표적 난제로 인식되고 있는 상황이다. 이러한 맥락하에서, 체계적이고 지속가능한 DEA 성과조사·평가를 위한 자료구조를 정립하고자 하는 연구 시도가 시급하다고 판단된다.

뿐만 아니라, 현실적으로는 정책 입안자의 DEA 효율성지수 (efficiency score, ES)에 대한 신뢰도를 제고하기 위한 방안을 강구할 필요가 있다. 가장 전형적인 DEA 성과 평가의 신뢰도 제고를 위한 이유로서, multiplier가 '0'에 근접한 값 또는 상대적으로 큰 값을 취함으로써, 비효율적 DMU가 효율적 DMU로 평가될 수 있다는 문제점과 이로 인해 DEA 효율성지수의 변별력이 저하될 수 있는 현상 등이 지적되고 있다 (Allen *et al.*, 1997; Charnes *et al.*, 1990; Pedraja-Chaparro *et al.*, 1997; Roll *et al.*, 1991; Roll and Golany, 1993; Thompson *et al.*, 1990; Wong and Beasley, 1990).

이와 같은 문제 해결방법으로, Assurance Region (AR) method (Thompson *et al.*, 1990), Cone Ratio(CR) model (Charnes *et al.*, 1990) 등이 있다. Multiplier 제약은 3종류 즉, Absolute Weights Restrictions (WRs), AR Type I (이후 AR-I) (Relative WRs), AR Type II (Output-Input WRs)로 구분 가능하다. AR-I 제약식을 갖는 DEA/(AR-I) 모형을 활용한 성과 평가가 보고된다 (Lee and Yang, 2004; Rhim *et al.*, 1999). Multiplier가 아닌 가상출력/가상입력 (virtual outputs and inputs)을 제약하는 AR Global Model(이후 ARGM)제약식을 갖는 DEA/(ARGM)모형도 제안된 바 있다 (Allen *et al.*, 1997; Pedraja-Chaparro *et al.*, 1997; Wong and Beasley, 1990).

본 연구는, 첫째, IT중소기업 정부자금 지원정책 성과 평가를 위한 DEA 성과 평가 자료구조의 정립을 시도하고, 둘째, 제안된 자료구조에 기초해 DEA/(AR-I, ARGM) 모형을 설계한다. 특히, multiplier 제약이 없는 단순한 DEA 기본모형의 초기 최적해를 이용해 AR-I 제약식의 생성 절차를 구체화한다. 다음, 본 연구에서 고려하는 출력/입력요소사이의 관계에 대한 성과조사·평가 전문가 의견과 이미 생성된 AR-I 제약식 결과를 통합해 (AR-I, ARGM) 제약식을 갖는 일반화된 DEA/

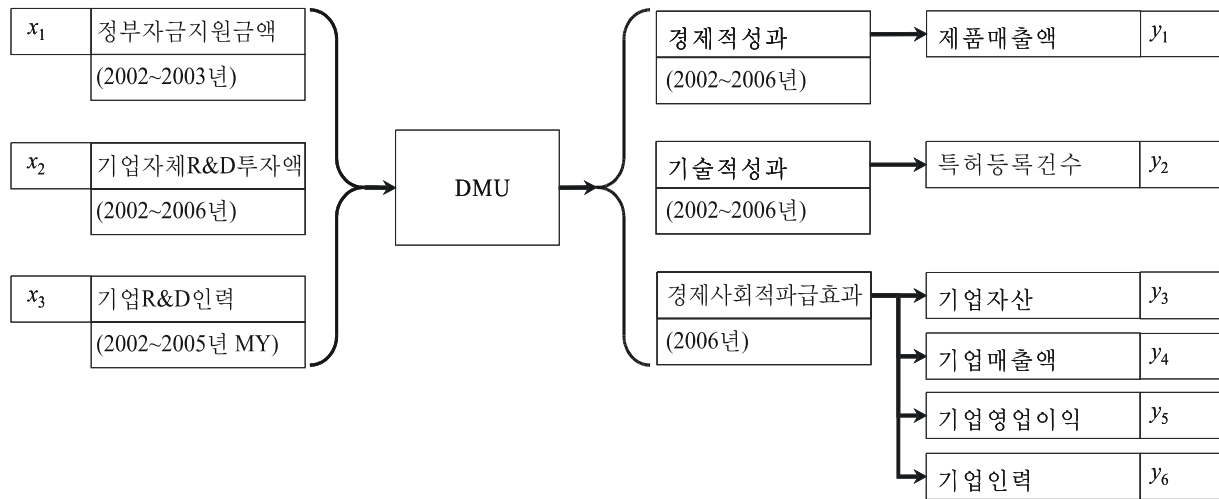


Figure 1. Data structure for the DEA performance evaluation

(AR-I, ARGM) 모형을 제안한다. 특히, ARGM 제약식을 도입·활용함으로써 기업성장을 반영하는 다수의 간접적 출력요소를 포함하면서도 동시에 DMU인 개별 관리과제의 성과 평가에도 충실한 DEA 모형화를 시도하고자 한다. 마지막으로 셋째, AR 제약식 조정에 따른 DEA 효율성 지수의 민감도 분석을 실시하여 AR 제약식 조정에 따른 multiplier 제약에 강건성(robustness)을 갖는 효율적 DMU를 판정하고자 한다. 이를 위해, IT중소기업 대상 직접자금 지원사업에 대한 성과 평가를 예시하고자 한다. 한편, AR 제약식 생성을 위한 기존의 여러 guideline중에서, AR-I 제약식은 Roll *et al.* (1991), Roll and Golany(1993) 등의 guideline을 참고하였으며, ARGM 제약식은 Allen *et al.* (1997), Pedraja-Chaparro *et al.* (1997), Wong and Beasley(1990) 등의 guideline을 참고해 생성됨을 밝힌다.

### 3. DEA 성과 평가 자료구조

<그림 1>은 본 연구에 참여한 정부·학계·연구소 전문가 의견 및 IT중소기업 정부자금 지원정책 성과 지표체계에 대한 선행 연구결과 (MIC·IITA, 2007<sup>2</sup>)에 기초하여, IT중소기업 정부자금 지원정책의 개별 관리과제를 DMU로 정의한 DEA 성과평가 자료구조이다. DMU 입력요소로서, 1) 개별 관리과제에 대한 정부자금 지원금액 ( $x_1$ ), 2) 매년 1회에 걸쳐 정기적으로 실시되는 성과조사표 설문결과에 의해 기업이 개별 관리과제에 투입했다고 자진 신고한 기업 R&D 투자액 ( $x_2$ ), 3) 매년 1회에 걸쳐 정기적으로 실시되는 성과조사표 설문결과에 의해 기업이 개별 관리과제에 투입했다고 자진 신고한 기업 R&D 인력 ( $x_3$ ; manyear, MY) 3가지가 고려된다. DMU 출력요소로서, 1) 경제적성과-개별 관리과제와 관련된 기술개발로

인해 직접적으로 발생된 제품 매출액 ( $y_1$ ), 2) 기술적성과-개별 관리과제와 관련된 기술개발의 특허등록건수 ( $y_2$ ), 3) 경제·사회적파급효과-① 기업자산 ( $y_3$ ), ② 기업매출액 ( $y_4$ ), ③ 기업영업이익 ( $y_5$ ), ④ 기업인력 ( $y_6$ )을 고려하였다.

DMU가 수혜기업이 아닌 개별 관리과제라고 하더라도, 일반적인 IT중소기업 정부자금 지원정책의 성과 지표체계에서는 기업성장과 같은 간접적인 경제·사회적파급효과를 함께 포함하여 평가하는 것을 원칙으로 하기에, 본 연구에서도 과제 착수시점 기준 일정 기간후 기업성장을 반영하는 출력요소  $y_r$  ( $r=3, \dots, 6$ )을 DEA 성과 평가에 고려하고자 한다. 단, DEA 효율성 지수에 대한 4개 출력요소  $y_r$  ( $r=3, \dots, 6$ )의 영향력을 적절한 범위내로 제한하기 위해 DEA 모형에 ARGM 제약식을 추가적으로 도입·활용할 것이다.

한편, 출력요소  $y_r$  ( $r=3, \dots, 6$ ) 값으로 과제 착수시점과 일정 기간후 기업성장이 반영되는 시점사이의 증감분 또는 증감률을 이용하는 것이 평가의 정확성 측면에서 더 선호될 수 있다고 판단된다. 단, 증감분 또는 증감률을 사용할 경우, (-) 값이 발생하여 비음 제약식 (nonnegativity constraints)을 만족시키지 못하는 경우가 확인되어, 증감분 또는 증감률은 사용하지 않는다. 물론, 특정 DEA 모형에 한정되어 'translation invariance property'가 허용되므로 (-) 값에 대한 처리가 불가능한 것은 아니지만, 본 연구에서는 이 같은 처리 방법을 활용하지 않는다(Gregoriou and Zhu, 2005). 또한, 기업규모가 거의 대등한 IT중소기업들이 수혜기업으로 선정된다는 본 연구의 가정도 어느 정도는 타당성이 있다고 판단되어, 본 연구에서는 <그림 1>과 같은 DEA 성과 평가 자료구조가 수립되었다.

<그림 1>은 출력/입력요소별로 §5. 사례 분석의 testbed 측정시점·수집기간이 아래에 병기된다. 즉, 과제 착수시점 2002년 기준 입력요소  $x_1$ 은 2002~2003년 2회 분할되어 집행된 정부자

금 지원금액의 합계로서, 개별 관리과제에 투입된 총지원금액은 1회 일시불로 지급되는 것이 아니라, 2회로 분할되어 지원되는 이유에서이다. 개별 관리과제에 대한 기업 R&D 투자액  $x_2$ 는 원칙적으로는 정부자금 지원금액  $x_1$ 에 대한 동일한 규모의 대응투자 (matching fund) 개념이지만, 현실적으로는 기업 자출에 맡겨져 투입금액과 투입시점이 정해지기에 매년 정기적으로 실시되는 성과조사표 설문조사에서 기업이 자진 신고한 2002~2006년 5년간 금액을 집계해 이용한다. 여기서 ‘5년’이란 집계기간의 설정은 하기 서술될 출력요소 실현주기에 맞춰진 것이다. 단,  $x_3$ 도 기업자출에 의해 투입된 기업 R&D 인력이지만 2006년 성과조사표 설문조사에서는 기업 R&D 인력에 대한 결과가 부재인 이유로 2002-2005년 4년간 자료만이 집계·이용되었다.

출력요소  $y_1, y_2$ 는 2002~2006년간 자료가 집계되며, 경제·사회적효과급효과를 나타내는  $y_r (r=3, \dots, 6)$ 은 2006년말 시점 자료를 사용한다. 단,  $y_1$ 과  $y_4$ 사이에는 약간의 중복은 있을 수 있으나 그 양은 크지 않을 것으로 가정하고, 별개의 출력요소로 취급하고자 한다. 한편, 출력요소 측정시점·수집기간 정의는 출력요소 실현주기 선행 연구결과에 근거하였다 (MIC·IITA, 2007<sup>2</sup>). <표 1>은 §5. 사례 분석의 2개 정부지원 사업과 관련된

선행 연구결과로서, <표 1. (a)>는 경제적성과와 관련하여 개별 관리과제의 기술개발에 따른 최초매출액 발생 관리과제수의 연차별 비율을 보여주고, <표 1. (b)>는 기술적성과와 관련하여 개별 관리과제의 기술개발에 따른 특허등록건수의 연차별 비율을 보여준다. 물론, 이외에도 출력요소 실현주기 설정을 위해 참조할 수 있는 다양한 분석지표가 존재할 수 있겠으나, 본 연구에서는 상기 서술된 2개 연차별 비율에 근거하여 출력요소  $y_1, y_2$ 의 집계기간으로서 ‘5년’으로 설정하고  $x_2, x_3$ 에도 동일한 집계기간의 적용을 시도한 것이다. <그림 2>는 <표 1>을 도식화한 것으로서, 과제 착수시점을 1년차로 했을 때, 3~4년차 내에 상기 2개 연차별 경제적성과 및 기술적성과가 대부분 실현되는 것을 확인할 수 있다.

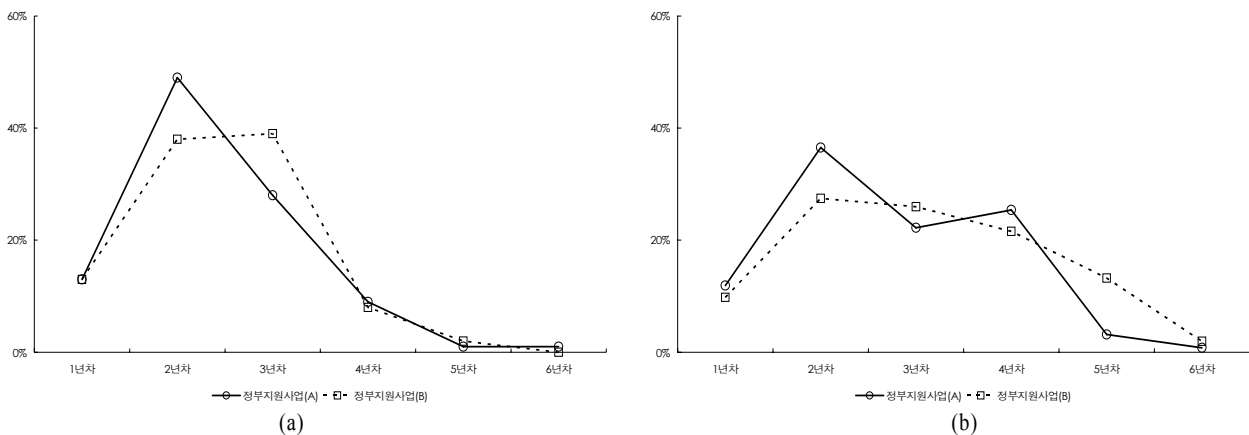
#### 4. 모형 설계

##### 4.1 DEA 기본모형

식 (1)로 정의된  $\mathbf{X}$ 는  $(n \times m)$  입력요소 행렬,  $\mathbf{Y}$ 는  $(n \times s)$  출력요소 행렬이다.  $n, m, s$ 는 순서대로 성과평가 대상 DMU 개수, DMU 입력요소와 출력요소 개수이다.  $\mathbf{X}$ 의  $j^{th}$  행

**Table 1.** Preliminary investigation on the cycles of two major performance outputs, (a) economic, and (b) technical performance output

(a) 경제적성과 : 최초 매출액 발생 관리과제수 연차별 비율							
	1년차	2년차	3년차	4년차	5년차	6년차	합계
정부지원사업(A)	13%	49%	28%	9%	1%	1%	100%
정부지원사업(B)	13%	38%	39%	8%	2%	0%	100%
(b) 기술적성과 : 특허등록건수 연차별 비율							
	1년차	2년차	3년차	4년차	5년차	6년차	합계
정부지원사업(A)	12%	37%	22%	25%	3%	1%	100%
정부지원사업(B)	10%	27%	26%	22%	13%	2%	100%



**Figure 2.** Preliminary investigation on the cycles of two major performance outputs, (a) economic, and (b) technical performance output

벡터  $\mathbf{x}_j = (x_{j1}, x_{j2}, \dots, x_{jm})$ 는  $j^{\text{th}}$  DMU 입력요소 벡터를,  $\mathbf{Y}$ 의  $j^{\text{th}}$  행벡터  $\mathbf{y}_j = (y_{j1}, y_{j2}, \dots, y_{js})$ 는  $j^{\text{th}}$  DMU 출력요소 벡터로 정의된다.

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad (1.1)$$

$$\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1s} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2s} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ y_{n1} & y_{n2} & \dots & y_{ns} \end{bmatrix} \quad (1.2)$$

‘DEA 기본모형’으로서 식 (2)를 수립한다. 식 (2)는 Seiford and Thrall (1990)이 분류·정리한  $DI_3$  모형으로서 Input-oriented  $\rightarrow$ Multiplier $\rightarrow$ Infinitesimal $\rightarrow$ VRS (Variable Returns to Scale) 모형 선택 절차에 맞춰 설계된 것이다.  $\mu, \nu$ 는 순서대로 출력요소, 입력요소 multiplier 열벡터로서  $\mu' = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_s)$ ,  $\nu' = (\nu_1, \nu_2, \dots, \nu_m)$ 이다.  $\mu_*$ 는 입력요소 증가에 따른 출력요소 증가 비율이 일정치 않다는 가정을 표현한 VRS 제약식에 대응하는 scalar이다. 식 (2)는 성과 평가 대상  $k^{\text{th}}$  DMU의 DEA 효율성 지수  $z_k(\mu_*, \mu) = \mathbf{y}_k \mu + \mu_*$ 를 최대화하는 선형계획 모형으로서, 결정변수는  $\mu_*, \mu, \nu$ 이다.  $\mathbf{e}_{(n \times 1)}$ 는 모든 값이 ‘1’인,  $\mathbf{0}_{(n \times 1)}$ 는 모든 값이 ‘0’인  $(n \times 1)$  열벡터이다.  $\epsilon_{(s \times 1)}$ ,  $\epsilon_{(m \times 1)}$ 은 순서대로 모든 값이 무한소 (infinitesimal, non-Archimedean) ‘ $\epsilon$ ’인  $(s \times 1)$ ,  $(m \times 1)$  열벡터이다.

$$\begin{aligned} \max_{\mu_*, \mu, \nu} z_k(\mu_*, \mu) &= \mathbf{y}_k \mu + \mu_* & (2) \\ \text{s.t.} & \\ \mathbf{Y}\mu - \mathbf{X}\nu + \mu_* \mathbf{e}_{(n \times 1)} &\leq \mathbf{0}_{(n \times 1)} \\ \mathbf{x}_k \nu &= 1 \\ \mu &\geq \epsilon_{(s \times 1)} \\ \nu &\geq \epsilon_{(m \times 1)} \\ \mu_* &\text{ free in sign} \end{aligned}$$

#### 4.2 DEA/(AR-I) 수정모형

식 (2)에서  $\mu, \nu$  각 요소가 ‘0’에 가깝거나 상대적으로 큰 값을 취하는 것을 제약하기 위한 AR-I 제약식 식 (3)을 추가할 수 있다. 식 (3.1)은 출력요소 multiplier 상하한 제약식을, 식 (3.2)

는 입력요소 multiplier 상하한 제약식이다.  $U^{r/1}, L^{r/1}$ 은  $r^{\text{th}}$  출력요소 multiplier의 1<sup>st</sup> 출력요소 multiplier에 대한 비율의 AR-I 제약식 상하한 parameter를,  $u_{i/1}, l_{i/1}$ 은  $i^{\text{th}}$  입력요소 multiplier의 1<sup>st</sup> 입력요소 multiplier에 대한 비율의 AR-I 제약식 상하한 parameter를 각각 나타낸다.

$$L^{r/1} \leq \mu_r / \mu_1 \leq U^{r/1}, r = 2, 3, \dots, s \quad (3.1)$$

$$l_{i/1} \leq \nu_i / \nu_1 \leq u_{i/1}, i = 2, 3, \dots, m \quad (3.2)$$

식 (3)에 대응하는 행렬 제약식  $\mathbf{F}\mathbf{w} \geq \mathbf{0}_{(p \times 1)}$ 을 식 (2)에 추가해 ‘DEA/(AR-I) 수정모형’ 식 (4)를 설계한다. 식 (4)에서  $\mathbf{0}_{(p \times 1)}$  ( $(p_1 + p_2) \times 1$ ) null 열벡터,  $p = p_1 + p_2$ ,  $p_1 = 2(s - 1)$ ,  $p_2 = 2(m - 1)$ 이다. 식(5)에 정의된  $\mathbf{F}, \mathbf{w}$ 에서  $\mathbf{D}_{11}$  ( $p_1 \times s$ ),  $\mathbf{0}_{12}$  ( $p_1 \times m$ ) null,  $\mathbf{0}_{21}$  ( $p_2 \times s$ ) null,  $\mathbf{C}_{22}$  ( $p_2 \times m$ ),  $\mathbf{F}$  ( $(p_1 + p_2) \times (s + m)$ ) 행렬,  $\mathbf{w}$  ( $(s + m) \times 1$ ) 열벡터이다. §5. 사례 분석에서 testbed dataset을 이용한  $\mathbf{D}_{11}, \mathbf{C}_{22}$  구조가 구체적으로 설명된다.

$$\begin{aligned} \max_{\mu_*, \mu, \nu} z_k(\mu_*, \mu) &= \mathbf{y}_k \mu + \mu_* & (4) \\ \text{s.t.} & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{Y}\mu - \mathbf{X}\nu + \mu_* \mathbf{e}_{(n \times 1)} &\leq \mathbf{0}_{(n \times 1)} \\ \mathbf{x}_k \nu &= 1 \\ \mathbf{F}\mathbf{w} &\geq \mathbf{0}_{(p \times 1)} \\ \mu &\geq \epsilon_{(s \times 1)} \\ \nu &\geq \epsilon_{(m \times 1)} \\ \mu_* &\text{ free in sign} \end{aligned}$$

$$\mathbf{F} = \begin{bmatrix} \mathbf{D}_{11} & \mathbf{0}_{12} \\ \mathbf{0}_{21} & \mathbf{C}_{22} \end{bmatrix} \quad (5.1)$$

$$\mathbf{w} = \begin{bmatrix} \mu \\ \nu \end{bmatrix} \quad (5.2)$$

#### 4.3 AR-I 제약식 상하한 parameter 생성 절차

아래에 요약된 Step1-4 절차에 맞춰  $U^{r/1}, L^{r/1}$  ( $r = 2, 3, \dots, s$ )이 생성된다.  $u_{i/1}, l_{i/1}$  ( $i = 2, 3, \dots, m$ ) 역시 출력요소별 multiplier를 입력요소별 multiplier로 대체해 동일한 절차로 생성한다.

- 
- Step1 : 식 (2) 최적해에서  $ES = 1$ 을 갖는 frontier DMU 추출
  - Step2 : 출력요소별 ‘0’ 초과값 optimal multiplier  $\mu_1^*, \mu_2^*, \dots, \mu_s^*$ 를 각각  $nr_1, nr_2, \dots, nr_s$ 개 추출
    - 2.1  $\mu_1^*$ 개수  $nr_1$ 이 큰 값을 갖도록 multiplier  $\mu_1$ 에 대응하는 출력요소  $y_1$  선정
    - 2.2 ARGM 제약식 생성을 위해 출력요소간 관계 해석이 용이한 출력요소  $y_1$  선정
  - Step3 :  $\mu_2^*/\mu_1^*, \mu_3^*/\mu_1^*, \dots, \mu_s^*/\mu_1^*$ 를 각각  $nr_1 nr_2, nr_1 nr_3, \dots, nr_1 nr_s$ 개 계산
  - Step4 : Step3 각 비율별  $100(1 - \alpha)\%$ ,  $100\alpha\%$  백분위수로서  $U^{r/1}, L^{r/1}$  ( $r = 2, 3, \dots, s$ ) 생성
-

4.4 DEA/(AR-I, ARGM) 수정모형

DEA/(AR-I) 수정모형을 설계·활용함으로써 multiplier 극단값을 회피할 수 있다. 하지만 여전히, 출력/입력요소와 이에 대응하는 multiplier의 곱인 가상출력/가상입력이 적합한 범위 내로 제약된다는 보장은 없다. §3. DEA 성과 평가 자료구조를 고려해, 식 (6.1)과 같은 일반적인 ARGM 제약식에서 식 (6.2)를 유도해 식 (4)에 추가할 수 있다.  $\psi_r, \phi_r$ 은  $r^{th}$  가상출력의 1<sup>st</sup> 가상출력에 대한 비율의 ARGM 제약식 상하한 parameter를 각각 나타낸다.

$$\phi_r \leq \mu_r y_{jr} / \sum_{r=1}^s \mu_r y_{jr} \leq \psi_r, \forall j, r=2, 3, \dots, s \quad (6.1)$$

$$\phi_r \leq \mu_r y_{jr} / \mu_1 y_{j1} \leq \psi_r, \forall j, r=2, 3, \dots, s \quad (6.2)$$

식 (4)에 식 (6.2)에 대응하는 행렬 제약식  $\mu_1 \Psi Y_1 - M Y_2 \geq 0_{(n \times (s-1))}$ ,  $M Y_2 - \mu_1 \Phi Y_1 \geq 0_{(n \times (s-1))}$ 을 추가해 식 (7) ‘DEA/

(AR-I, ARGM) 수정모형’이 설계된다.  $\Psi, \Phi, M$ 은  $(n \times [(s-1) \times n])$  행렬,  $Y_1, Y_2$ 는  $([(s-1) \times n] \times (s-1))$  행렬로서 부록식(A)와 같이 정의된다. 식 (A) 5개 행렬 모두 정방행렬 (square matrix)인 대각행렬 (diagonal matrix)과 비슷한 형태를 갖는데, 즉 대각선 방향으로는 식 (A)에 표시된 원소들이 반복되고 나머지 원소들은 모두 ‘0’값이다.

$$\begin{aligned} \max_{\mu, \nu} z_k(\mu, \nu) &= y_k \mu + \mu_s & (7) \\ \text{s.t.} & \\ Y\mu - X\nu + \mu_s e_{(n \times 1)} &\leq 0_{(n \times 1)} \\ x_k \nu &= 1 \\ Fw &\geq 0_{(p \times 1)} \\ \mu_1 \Psi Y_1 - M Y_2 &\geq 0_{(n \times (s-1))} \\ M Y_2 - \mu_1 \Phi Y_1 &\geq 0_{(n \times (s-1))} \\ \mu &\geq \epsilon_{(s \times 1)} \\ \nu &\geq \epsilon_{(m \times 1)} \\ \mu_s &\text{ free in sign} \end{aligned}$$

Table 2. Testbed dataset for the DEA performance evaluation

No.	DMU ID	사업구분	기술분야	정부자금 기업R&D			제품	특허등록	기업	기업	기업영업	기업
				지원금액	투자액	인력	매출액	건수	자산	매출액	순이익	인력
		우수:1, 산업:2	통신:1, 전자:2	2002-2003년	2002-2006년	2002-2005년	2002-2006년	2002-2006년	2006년	2006년	2006년	2006년
		정보:3, 부품:4		(백만원)	(백만원)	(MY)	(백만원)	(건수)	(백만원)	(백만원)	(백만원)	(명)
				$x_1$	$x_2$	$x_3$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	$y_5$	$y_6$
1	A	1	1	100	130	1.10	60	2	780	950	90	18
2	B	1	1	100	50	1.10	50	0	912	1770	110	31
3	C	1	1	100	850	2.70	750	0	2340	2060	350	15
4	D	1	3	100	150	2.50	101	0	8200	9040	800	67
5	E	1	4	150	50	1.20	1405	8	420	423	40	7
6	F	1	1	150	250	1.40	50	0	2600	2100	200	20
7	G	2	2	200	30	3.30	727	4	20000	21596	500	27
8	H	2	3	150	200	5.55	600	0	5350	5055	250	39
9	I	2	3	90	470	10.00	1002	0	1260	2000	214	27
10	J	2	3	160	9	12.45	1837	0	300	340	50	7
11	K	2	3	102	100	2.40	150	0	6000	52	12	23
12	L	2	4	130	430	4.40	100	0	250	1000	30	10
13	M	2	3	200	3000	7.60	800	4	4210	7740	430	57
14	N	2	3	200	300	6.50	1573	5	1500	32	100	15
15	O	2	3	166	263	15.15	271	0	500	581	100	5
16	P	2	3	600	1397	43.20	110	0	8694	7200	1100	89
17	Q	2	2	150	29	4.80	776	12	1426	3026	317	27
18	R	2	1	100	63	12.00	120	6	2012	1558	450	13
19	S	2	3	83	200	2.00	300	4	300	700	150	10
20	T	2	3	176	250	6.00	290	2	790	1300	130	8
21	U	2	2	123	548	3.20	3030	2	1400	980	200	14
22	V	2	3	266	300	7.80	113	0	2969	1602	30	23
23	W	2	3	127	120	9.70	521	1	300	280	33	9
24	X	2	3	125	925	5.50	7171	0	3500	4200	500	36
25	Y	2	4	335	200	9.20	300	0	46482	44796	8318	40

## 5. 사례 분석

### 5.1 Testbed dataset

정보통신연구진흥원의 직접자금 지원사업중 중소기업 기술개발 출연사업인 ‘정부지원 사업(A)’와 ‘정부지원 사업(B)’ 중 2002년 과제 착수된 25개 ((A) 6개, (B) 19개) 관리과제를 대상으로, <그림 1>에 맞춰 수집·정리된 <표 2> testbed dataset  $n = 25, m = 3, s = 6$ 을 이용한 사례 분석을 예시한다.

사례 분석은, 1) Microsoft<sup>R</sup>, Office Excel 2003, 2) Frontline Systems, Premium Solver Platform v7.1, 3) DEAfrontier.com, DEA Excel Solver Add-In 2002, 4) Microsoft Visual Basic 6.0<sup>C</sup> 1987-1999로 구현된다(Frontline Systems, 2007; Zhu, 2003).

### 5.2 AR-I 제약식 상하한 parameter

<표 2> testbed dataset의 식 (2) 최적해 계산 결과가 <표 3>에 정리된다. <표 3> ES<sup>1</sup>은 식 (2) 최적해중 DMU별 ES이며, 밑줄 친 ES=1의 효율적 DMU는 전체 DMU 25개중 A, B, D, E,

G, I, J, K, M, P, Q, R, S, X, Y 15개, 전체 DMU의 60%로서 효율성 판정에 대한 변별력이 요구된다. 또한,  $\mu_*$ 를 제외한 전체 optimal multiplier  $n \times (m + s) = 25 \times (3 + 6) = 225$ 개중 107개, 전체 optimal multiplier의 48%가 ‘0’값을 갖기에 ES 신뢰도 제고의 필요성이 존재한다. 실제로, 이와 같이 변별력과 신뢰성이 부재된 단순한 DEA 성과 평가 결과는 현장 실무자에게 설득력을 갖지 못할 뿐만 아니라, 오히려 DEA 성과 평가에 대한 회의를 불러일으킬 소지가 있을 수도 있다고 판단된다.

<표 4>는 <표 3>에서 ES=1인 frontier DMU의 optimal multiplier중에서 ‘0’초과값을 추출해 각 출력요소별 내림차순 정렬한 것이다. 단, <표 4>에서  $n_{i_j}$  ( $i = 1, 2, 3$ )은 각 입력요소별 추출 개수를 나타낸다. <표 4>와 AR-I 제약식 상하한 parameter 생성 절차에 기초해 <표 5>에 AR-I 제약식 상하한 parameter를 정리한다.

$\alpha = 0.10, 0.20, 0.25, 0.30, 0.40, 0.50$ 을 고려해  $100(1 - \alpha)\%$ ,  $100\alpha\%$  백분위수로서 <표 5(a)>  $u_{i/1}, l_{i/1}$  ( $i = 2, 3$ ), <표 5(b)>  $U^{r/1}, L^{r/1}$  ( $r = 2, \dots, 6$ ) 총 6쌍이 계산되며,  $\alpha$  값이 증가할수록 상하한 폭이 감소하며,  $\alpha = 0.25$  IQR(사분위범위) 및  $\alpha = 0.50$

Table 3. Optimal solutions of Eq.(2)

No.	DMU ID	ES <sup>1</sup>	$\nu_1$	$\nu_2$	$\nu_3$	$\mu_1$	$\mu_2$	$\mu_3$	$\mu_4$	$\mu_5$	$\mu_6$	$\mu_*$
1	A	<u>1.00000</u>	0.00685	0.00111	0.15577	0.00000	0.04825	0.00002	0.00000	0.00025	0.00000	0.86424
2	B	<u>1.00000</u>	0.00000	0.00000	0.90909	0.00000	0.00000	0.00010	0.00000	0.00033	0.00876	0.60079
3	C	0.90637	0.01000	0.00000	0.00000	0.00005	0.00000	0.00000	0.00000	0.00028	0.00000	0.77449
4	D	<u>1.00000</u>	0.00619	0.00251	0.00189	0.00000	0.00000	0.00003	0.00000	0.00006	0.00000	0.71365
5	E	<u>1.00000</u>	0.00622	0.00116	0.00762	0.00016	0.01368	0.00001	0.00000	0.00000	0.00057	0.65032
6	F	0.94020	0.00000	0.00000	0.71429	0.00000	0.00000	0.00008	0.00000	0.00028	0.00000	0.68509
7	G	<u>1.00000</u>	0.00000	0.03333	0.00000	0.00000	0.03729	0.00000	0.00001	0.00071	0.00000	0.26073
8	H	0.71631	0.00509	0.00116	0.00073	0.00016	0.00000	0.00001	0.00000	0.00000	0.00000	0.54371
9	I	<u>1.00000</u>	0.01082	0.00000	0.00262	0.00005	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00344	0.85255
10	J	<u>1.00000</u>	0.00590	0.00208	0.00297	0.00018	0.00000	0.00002	0.00000	0.00007	0.00000	0.66145
11	K	<u>1.00000</u>	0.00733	0.00222	0.01270	0.00030	0.00000	0.00003	0.00000	0.00007	0.00000	0.79631
12	L	0.64317	0.00769	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00002	0.00000	0.00000	0.62749
13	M	<u>1.00000</u>	0.00000	0.00019	0.05664	0.00066	0.43475	0.00000	0.00010	0.00000	0.12368	-9.09269
14	N	0.61244	0.00377	0.00072	0.00434	0.00010	0.00685	0.00001	0.00000	0.00000	0.00000	0.40627
15	O	0.54688	0.00487	0.00073	0.00000	0.00011	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.51795
16	P	<u>1.00000</u>	0.00167	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00018	0.03543	-2.35083
17	Q	<u>1.00000</u>	0.00625	0.00189	0.00147	0.00025	0.01330	0.00002	0.00000	0.00009	0.00120	0.54945
18	R	<u>1.00000</u>	0.00662	0.00142	0.02075	0.00000	0.02741	0.00000	0.00000	0.00024	0.00000	0.72941
19	S	<u>1.00000</u>	0.01205	0.00000	0.00000	0.00009	0.07726	0.00000	0.00006	0.00000	0.00000	0.62052
20	T	0.52839	0.00470	0.00069	0.00000	0.00010	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.49768
21	U	0.91936	0.00438	0.00000	0.14409	0.00011	0.01456	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.56101
22	V	0.36331	0.00335	0.00036	0.00006	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.34872
23	W	0.81722	0.00659	0.00136	0.00000	0.00019	0.00073	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.71743
24	X	<u>1.00000</u>	0.00173	0.00000	0.14259	0.00008	0.00000	0.00000	0.00000	0.00019	0.00000	0.30461
25	Y	<u>1.00000</u>	0.00240	0.00077	0.00451	0.00010	0.00000	0.00001	0.00000	0.00004	0.00000	0.25623

**Table 4.** Optimal multipliers larger than ‘0’ of the frontier DMUs in <Table 3>

No.	$\nu_1^*$	$\nu_2^*$	$\nu_3^*$	$\mu_1^*$	$\mu_2^*$	$\mu_3^*$	$\mu_4^*$	$\mu_5^*$	$\mu_6^*$
	$ni_1 = 12$	$ni_2 = 10$	$ni_3 = 12$	$nr_1 = 9$	$nr_2 = 7$	$nr_3 = 8$	$nr_4 = 3$	$nr_5 = 11$	$nr_6 = 6$
1	0.01205	0.03333	0.90909	0.00066	0.43475	0.00010	0.00010	0.00071	0.12368
2	0.01082	0.00251	0.15577	0.00030	0.07726	0.00003	0.00006	0.00033	0.03543
3	0.00733	0.00222	0.14259	0.00025	0.04825	0.00003	0.00001	0.00025	0.00876
4	0.00685	0.00208	0.05664	0.00018	0.03729	0.00002		0.00024	0.00344
5	0.00662	0.00189	0.02075	0.00016	0.02741	0.00002		0.00019	0.00120
6	0.00625	0.00142	0.01270	0.00010	0.01368	0.00002		0.00018	0.00057
7	0.00622	0.00116	0.00762	0.00009	0.01330	0.00001		0.00009	
8	0.00619	0.00111	0.00451	0.00008		0.00001		0.00007	
9	0.00590	0.00077	0.00297	0.00005				0.00007	
10	0.00240	0.00019	0.00262					0.00006	
11	0.00173		0.00189					0.00004	
12	0.00167		0.00147						

**Table 5.** AR-I constraints upper and lower bound parameters; (a)  $u_{i/1}, l_{i/1}$  ( $i = 2, 3$ ); (b)  $U^{r/1}, L^{r/1}$  ( $r = 2, \dots, 6$ )

	$\alpha = 0.10$		$\alpha = 0.20$		$\alpha = 0.25$		$\alpha = 0.30$		$\alpha = 0.40$		$\alpha = 0.50$	
	100 $\alpha\%$	100(1- $\alpha$ )	100 $\alpha\%$	100(1- $\alpha$ )	100 $\alpha\%$	100(1- $\alpha$ )	100 $\alpha\%$	100(1- $\alpha$ )	100 $\alpha\%$	100(1- $\alpha$ )	100 $\alpha\% = 100(1-\alpha)\%$	
	10%	90%	20%	80%	25%	75%	30%	70%	40%	60%	50%	
(a)	$l_{i/1}$	$u_{i/1}$	$l_{i/1}$	$u_{i/1}$	$l_{i/1}$	$u_{i/1}$	$l_{i/1}$	$u_{i/1}$	$l_{i/1}$	$u_{i/1}$	$l_{i/1} = u_{i/1}$	
$i = 2$	$\nu_2/\nu_1$	0.09067	1.62957	0.12371	0.82813	0.16109	0.60336	0.17678	0.41046	0.20655	0.33585	0.29423
$i = 3$	$\nu_3/\nu_1$	0.26256	80.47286	0.42064	22.85361	0.47934	13.48350	0.70214	9.11176	1.15651	3.34754	1.89624
(b)	$L^{r/1}$	$U^{r/1}$	$L^{r/1}$	$U^{r/1}$	$L^{r/1}$	$U^{r/1}$	$L^{r/1}$	$U^{r/1}$	$L^{r/1}$	$U^{r/1}$	$L^{r/1} = U^{r/1}$	
$r = 2$	$\mu_2/\mu_1$	54.41363	1662.72912	87.09267	729.53937	121.99290	567.40197	141.80075	472.05010	163.24131	319.76680	251.11692
$r = 3$	$\mu_3/\mu_1$	0.04063	0.47765	0.07282	0.32987	0.08289	0.27005	0.08826	0.25409	0.11904	0.19562	0.14988
$r = 4$	$\mu_4/\mu_1$	0.05343	1.16810	0.09896	0.75487	0.11622	0.68224	0.12860	0.61549	0.20571	0.39268	0.34058
$r = 5$	$\mu_5/\mu_1$	0.23319	3.88963	0.36419	2.43519	0.38514	2.10924	0.47846	1.74343	0.71189	1.13976	0.91764
$r = 6$	$\mu_6/\mu_1$	3.62356	678.92570	6.63080	373.38476	8.05669	195.60803	11.74157	141.55539	19.56712	61.33670	37.18552

동일값을 갖는 AR-I 제약식 상하한 parameter 등이 포함된다.

$$C_{22} = \begin{bmatrix} -l_{2/1} & 1 & 0 \\ u_{2/1} - 1 & 0 & 0 \\ -l_{3/1} & 0 & 1 \\ u_{3/1} & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad (8.2)$$

**5.3 민감도 분석<sup>1</sup>: AR-I 제약식 조정**

Testbed dataset에서  $m = 3, s = 6$ 이므로, 식 (8)처럼  $D_{11}(10 \times 6), C_{22}(4 \times 3)$ 가 구성된다. <표 5> AR-I 제약식 상하한 parameter를 식 (8) → 식 (5) → 식 (4)와 같은 순서로 전개해 식 (4) 최적해 계산 결과를 <표 6>, <표 7>에 정리한다.

$$D_{11} = \begin{bmatrix} -L^{2/1} & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ U^{2/1} - 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -L^{3/1} & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ U^{3/1} & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ -L^{4/1} & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ U^{4/1} & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ -L^{5/1} & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ U^{5/1} & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ -L^{6/1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ U^{6/1} & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad (8.1)$$

<표 6 (a)>는  $\alpha = 0.25$ 인 AR-I 제약식 상하한 parameter를 갖는 식 (4) 최적해 계산 결과이다. <표 7(a)>는, <표 5> 6개 AR-I 제약식 조정에 따른 식 (4) 최적해중에서 DMU별 ES만을 발췌해 정리한 것이며,  $ES^2$ -  $ES^7$ 개 계열이  $ES^1$ 기준 으뜸차순 정렬된다.  $\alpha$ 값 증가에 따라 상하한 폭이 감소할수록 25개 DMU 모두 ES가 저하된다. 식 (2) 최적해로서 15개인 효율적 DMU 개수는  $\alpha = 0.10, 0.20, 0.25, 0.30, 0.40, 0.50$ 값 증가에 따라  $14 \rightarrow 10 \rightarrow 8 \rightarrow 8 \rightarrow 6 \rightarrow 3$ 개로 감소한다.  $ES^4(\alpha = 0.25)$ 에서 효율적 DMU는 B, D, E, G, Q, R, S, Y로 판정,  $ES^7(\alpha = 0.50)$ 에서 효율적 DMU는 B, D, Y로 판정됨으로써 multiplier 제약에 강건한 효율적 DMU를 AR-I 제약식 조정에 의해 단계적으로 축약할 수 있다. <표 7(a)>  $ES^1$ -  $ES^7$ 개 계열을 시각화한

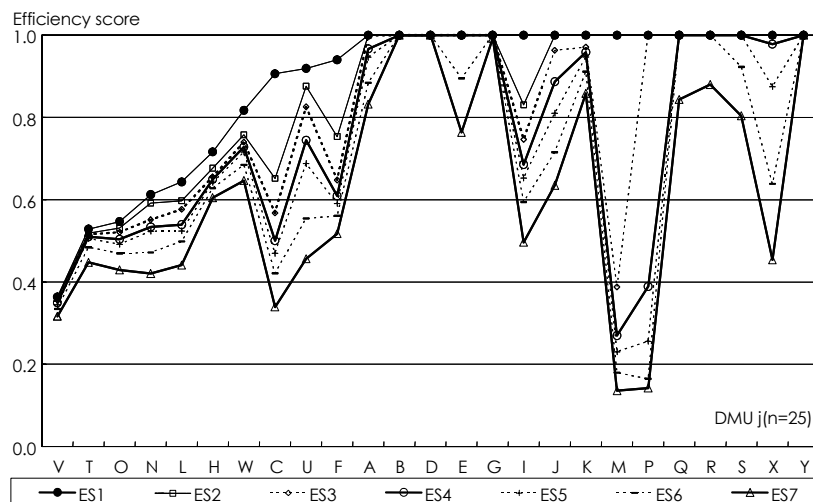


**Table 6.** (a)optimal solutions of Eq.(4) with AR-I constraints of  $\alpha = 0.25$ ; (b)an example of virtual output ratios using the optimal multipliers of DMU Y in <Table 6(a)>

No. DMU ID	ES <sup>4</sup>	(a)										(b)			
		$\nu_1$	$\nu_2$	$\nu_3$	$\mu_1$	$\mu_2$	$\mu_3$	$\mu_4$	$\mu_5$	$\mu_6$	$\mu^*$	$\mu_{3Y_B} / \mu_{1Y_B}$	$\mu_{4Y_A} / \mu_{1Y_B}$	$\mu_{5Y_E} / \mu_{1Y_B}$	$\mu_{6Y_F} / \mu_{1Y_B}$
1 A	0.96680	0.00737	0.00119	0.09931	0.00007	0.03884	0.00002	0.00001	0.00003	0.00055	0.85072	1.07755	1.84022	0.62178	2.41701
2 B	1.00000	0.00814	0.00131	0.10972	0.00008	0.04376	0.00002	0.00001	0.00003	0.00062	0.93365	1.51189	4.11433	0.91195	4.99515
3 C	0.50037	0.00366	0.00059	0.04933	0.00006	0.01619	0.00001	0.00001	0.00002	0.00050	0.41077	0.25861	0.31923	0.19344	0.16113
4 D	1.00000	0.00798	0.00128	0.00382	0.00015	0.03426	0.00001	0.00002	0.00006	0.00117	0.61053	6.72957	10.40263	3.28335	5.34453
5 E	1.00000	0.00574	0.00092	0.07739	0.00016	0.05180	0.00001	0.00002	0.00006	0.00367	0.32271	0.02478	0.03499	0.01180	0.04014
6 F	0.60916	0.00478	0.00077	0.06447	0.00004	0.02059	0.00001	0.00000	0.00008	0.00029	0.55185	4.31021	4.88141	1.65809	3.22267
7 G	1.00000	0.00455	0.00275	0.00226	0.00004	0.01055	0.00001	0.00001	0.00009	0.00267	0.48095	2.28186	3.45489	0.28529	0.29942
8 H	0.64992	0.00541	0.00087	0.00259	0.00004	0.00570	0.00000	0.00001	0.00002	0.00036	0.55979	0.73909	0.97919	0.17272	0.52368
9 I	0.68543	0.00586	0.00094	0.00281	0.00005	0.00618	0.00000	0.00001	0.00002	0.00039	0.60698	0.10423	0.23198	0.08853	0.21710
10 J	0.88697	0.00583	0.00352	0.00280	0.00010	0.01179	0.00001	0.00001	0.00004	0.00078	0.69593	0.01354	0.02152	0.01129	0.03071
11 K	0.95869	0.00839	0.00135	0.00402	0.00004	0.00798	0.00001	0.00000	0.00002	0.00033	0.87780	3.31554	0.04029	0.03316	1.23536
12 L	0.53920	0.00497	0.00080	0.00238	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.53920	0.20722	1.16224	0.12436	0.80567
13 M	0.26935	0.00127	0.00021	0.01716	0.00006	0.03320	0.00000	0.00001	0.00002	0.00687	-0.38485	0.43620	1.12447	0.22281	0.57404
14 N	0.53373	0.00387	0.00062	0.00593	0.00005	0.01518	0.00000	0.00001	0.00002	0.00037	0.37217	0.07904	0.00233	0.02635	0.07683
15 O	0.50356	0.00464	0.00075	0.00222	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.50356	0.15293	0.24917	0.15296	0.14865
16 P	0.38918	0.00118	0.00019	0.00057	0.00006	0.03213	0.00000	0.00001	0.00002	0.01108	-0.71510	6.55121	7.60740	4.14523	6.51859
17 Q	1.00000	0.00589	0.00355	0.00282	0.00010	0.01311	0.00001	0.00001	0.00013	0.00083	0.65165	0.15232	0.45321	0.16933	0.28032
18 R	1.00000	0.00715	0.00142	0.01632	0.00005	0.02673	0.00000	0.00001	0.00011	0.00041	0.76225	1.38977	1.50898	1.55446	0.87281
19 S	1.00000	0.00845	0.00136	0.01349	0.00006	0.03515	0.00001	0.00002	0.00002	0.00050	0.81806	0.08289	0.27119	0.20726	0.26856
20 T	0.50985	0.00450	0.00072	0.00449	0.00002	0.00939	0.00000	0.00000	0.00001	0.00013	0.48077	0.22580	0.52100	0.18582	0.22225
21 U	0.74453	0.00393	0.00063	0.05300	0.00010	0.02241	0.00001	0.00001	0.00004	0.00083	0.34511	0.03830	0.03759	0.02736	0.03723
22 V	0.34916	0.00314	0.00051	0.00151	0.00002	0.00299	0.00000	0.00000	0.00001	0.00012	0.32913	2.17150	1.64291	0.10973	1.63508
23 W	0.72833	0.00662	0.00107	0.00317	0.00005	0.00698	0.00000	0.00001	0.00002	0.00044	0.68547	0.04773	0.06246	0.02626	0.13918
24 X	0.97854	0.00287	0.00046	0.03873	0.00010	0.01174	0.00001	0.00001	0.00004	0.00170	0.13346	0.04046	0.06807	0.02890	0.04045
25 Y	1.00000	0.00269	0.00043	0.00129	0.00006	0.01296	0.00001	0.00001	0.00003	0.00051	0.16556	12.84276	17.35459	11.49333	1.07422

<그림 3>에서도 전술된 AR-I 제약식 조정에 따른 ES저하현상이 확인되며, 실선으로 연결된 ●, ○, △ 기호를 갖는 3개 계열 ES<sup>1</sup>, ES<sup>4</sup>, ES<sup>7</sup>이 강조되어 표시된다.

한편, AR-I 제약식 조정에 기인한 ES변화를 검토하기 위해, ES 계열간 상관계수와 상관계수의 p-value를 <표 8>에 정리한다. ES<sup>1</sup>-ES<sup>7</sup> 7개 계열간 상관분석 결과를 보면, 21개



**Figure 3.** ES sensitivity analysis<sup>1</sup>: AR-I constraints adjustment

Table 7. Summary of ES sensitivity analysis

No.	DMU ID	(a)						(b)				
		Eq.(2)	$\alpha = 0.10$	$\alpha = 0.20$	$\alpha = 0.25$	$\alpha = 0.30$	$\alpha = 0.40$	$\alpha = 0.50$	$\psi_r = 10.0$	$\psi_r = 7.5$	$\psi_r = 5.0$	$\psi_r = 2.5$
		ES <sup>1</sup>	ES <sup>2</sup>	ES <sup>3</sup>	ES <sup>4</sup>	ES <sup>5</sup>	ES <sup>6</sup>	ES <sup>7</sup>	ES <sup>8</sup>	ES <sup>9</sup>	ES <sup>10</sup>	ES <sup>11</sup>
1	V	0.36331	0.35996	0.35550	0.34916	0.34470	0.33462	0.31647	0.33928	0.33727	0.33509	0.33275
2	T	0.52839	0.51896	0.51558	0.50985	0.50570	0.48450	0.44761	0.49870	0.49849	0.49826	0.49802
3	O	0.54688	0.53106	0.52047	0.50356	0.49124	0.46921	0.42923	0.42446	0.42446	0.42446	0.42446
4	N	0.61244	0.59172	0.55106	0.53373	0.52332	0.47169	0.42044	0.58296	0.58196	0.58483	0.57981
5	L	0.64317	0.59749	0.57633	0.53920	0.52420	0.49842	0.44097	0.56888	0.56888	0.56888	0.56888
6	H	0.71631	0.67679	0.65534	0.64992	0.64231	0.62793	0.60460	0.67661	0.67323	0.66134	0.63348
7	W	0.81722	0.75789	0.73999	0.72833	0.71589	0.68464	0.64636	0.65903	0.65903	0.65903	0.65903
8	C	0.90637	0.65196	0.56766	0.50037	0.46966	0.42088	0.33911	0.63587	0.63261	0.62875	0.62466
9	U	0.91936	0.87596	0.82605	0.74453	0.68756	0.55407	0.45641	0.88718	0.88718	0.88718	0.88718
10	F	0.94020	0.75334	0.64800	0.60916	0.59079	0.56043	0.51731	0.65377	0.64834	0.64273	0.63694
11	A	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	0.99949	0.96680	0.94655	0.88398	0.83227	0.99608	0.99579	0.99491	0.99491
12	B	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>
13	D	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	0.99820	0.93153
14	E	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	0.89513	0.76385	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>
15	G	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	0.99260	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	0.84570
16	I	<u>1.00000</u>	0.83056	0.74664	0.68543	0.65275	0.59400	0.49627	0.68622	0.68594	0.68541	0.68010
17	J	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	0.96323	0.88697	0.81025	0.71531	0.63509	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>
18	K	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	0.97090	0.95869	0.94732	0.91170	0.85897	0.96115	0.94258	0.92901	0.91500
19	M	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	0.38786	0.26935	0.23018	0.17942	0.13544	0.28493	0.27860	0.26622	0.25321
20	P	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	0.38918	0.25573	0.16401	0.14171	0.14481	0.13940	0.13524	0.12559
21	Q	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	0.84340	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>
22	R	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	0.87992	0.82024	0.81365	0.80724	0.80100
23	S	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	0.92295	0.80410	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>
24	X	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	0.97854	0.87503	0.63854	0.45345	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>
25	Y	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	<u>1.00000</u>	0.61922

Sorted by ES<sup>1</sup> in ascending order.

상관계수 모두 양(+)의 상관성을 갖고, 상관계수 아래에 병기된  $p$ -value 최대값 0.027로서 상관계수의 유의성이 있는 것으로 판정되며,  $\alpha$  값이 증가할수록 상관계수가 점진적으로 단

조 감소한다. <표 8> 상관분석 결과를 시각화한 <그림 4>에서 전술된 내용이 재확인되며, AR-I 제약식 조정에 따른 ES의 급격한 진동·역전은 발생하지 않는 것이 확인된다.

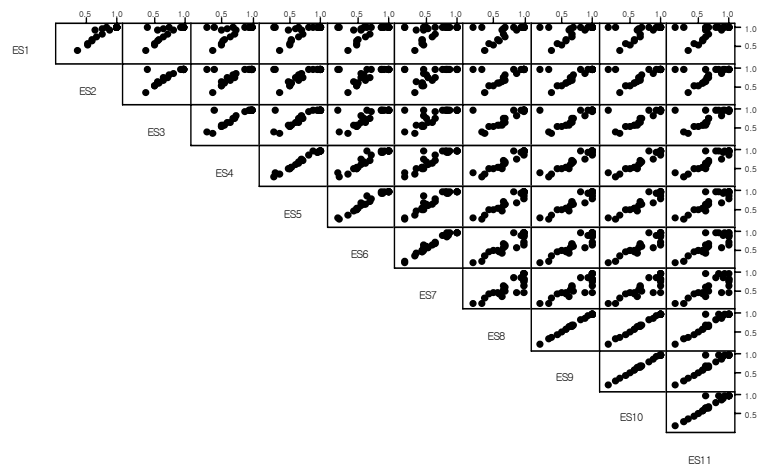


Figure 4. Scatter diagrams matrix plot between ESs

**Table 8.** Summary of correlation coefficients between ESs

		$\alpha = 0.10$	$\alpha = 0.20$	$\alpha = 0.25$	$\alpha = 0.30$	$\alpha = 0.40$	$\alpha = 0.50$	$\psi_r = 10.0$	$\psi_r = 7.5$	$\psi_r = 5.0$	$\psi_r = 2.5$
		<b>ES<sub>2</sub></b>	<b>ES<sub>3</sub></b>	<b>ES<sub>4</sub></b>	<b>ES<sub>5</sub></b>	<b>ES<sub>6</sub></b>	<b>ES<sub>7</sub></b>	<b>ES<sub>8</sub></b>	<b>ES<sub>9</sub></b>	<b>ES<sub>10</sub></b>	<b>ES<sub>11</sub></b>
Eq.(2)	<b>ES<sub>1</sub></b>	0.94280	0.76886	0.61954	0.56166	0.49523	0.44269	0.57630	0.57242	0.56768	0.52813
		0.000	0.000	0.001	0.003	0.012	0.027	0.003	0.003	0.003	0.007
$\alpha = 0.10$	<b>ES<sub>2</sub></b>		0.84486	0.69338	0.63526	0.56811	0.52269	0.60946	0.60584	0.60145	0.55098
			0.000	0.000	0.001	0.003	0.007	0.001	0.001	0.001	0.004
$\alpha = 0.20$	<b>ES<sub>3</sub></b>			0.87412	0.82009	0.75603	0.71100	0.75647	0.75478	0.75429	0.70253
				0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
$\alpha = 0.25$	<b>ES<sub>4</sub></b>				0.99162	0.95113	0.89966	0.95159	0.95078	0.95032	0.89618
					0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
$\alpha = 0.30$	<b>ES<sub>5</sub></b>					0.97936	0.93635	0.94811	0.94736	0.94681	0.88775
						0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
$\alpha = 0.40$	<b>ES<sub>6</sub></b>						0.98219	0.89700	0.89599	0.89503	0.81881
							0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
$\alpha = 0.50$	<b>ES<sub>7</sub></b>							0.84160	0.84051	0.83933	0.73769
								0.000	0.000	0.000	0.000
$\psi = 10.0$	<b>ES<sub>8</sub></b>								0.99989	0.99957	0.95427
									0.000	0.000	0.000
$\psi = 7.5$	<b>ES<sub>9</sub></b>									0.99988	0.95427
										0.000	0.000
$\psi = 5.0$	<b>ES<sub>10</sub></b>										0.95429
											0.000

**5.4 민감도 분석<sup>2</sup> : AR-I 제약식, ARGM 제약식 조정**

<표 7(a)>, <그림 3>처럼 AR-I 제약식 조정에 의해 DEA 성과 평가의 변별력이 성취가능하다. 한편,  $x_1$  대비  $x_2, x_3, y_1$  대비  $y_2$ 의 multiplier 비율은 가격·비용 정보 (prices and/or cost information)에 기초해서도 설정 가능하다고 가정할 때, 일례로서 아래와 같은 AR-I 제약식 식 (9)를 고려할 수 있다. 식 (9) AR-I 제약식 상하한 parameter 조합은 <표 5> 및 성과조사·평가에 참여한 전문가 의견 등이 반영된 대표값들로 구성된 것이다.

$$10(=L^{2/1}) \leq \mu_2/\mu_1 \leq 200(=U^{2/1}) \tag{9.1}$$

$$0.1(=l_{2/1}) \leq \nu_2/\nu_1 \leq 0.9(=u_{2/1}) \tag{9.2}$$

$$5(=l_{3/1}) \leq \nu_3/\nu_1 \leq 25(=u_{3/1}) \tag{9.3}$$

반면,  $y_1$  대비  $y_r(r=3, \dots, 6)$ 의 multiplier 비율을 설정하는 것은 상대적으로 용이하지 않다고 판단된다. 또한, <표 6(b)>에 제시된 밑줄 친 계산 결과처럼  $\alpha = 0.25$  AR-I 제약식 조정의 경우에서도 식 (10)과 같은 가상출력비율 '2.5' 초과값이 존재한다. 만약, DEA 성과 평가시, 경제·사회적파급효과 출력요소  $y_r(r=3, \dots, 6)$  4개에 대한 영향을, 상대적으로 보다 중

요하다고 간주할 수 있는 출력요소  $y_1, y_2$  2개와 비교해 일정 수준 이하로 제어할 필요가 있다면, 이를 위한 일례로서 식(10)이 고려될 수 있다. 더욱이, 본 연구에서의 DMU가 수혜기업이 아닌 개별 관리과제라는 점에서, 경제·사회적파급효과 출력요소  $y_r(r=3, \dots, 6)$ 의 적절한 제약은 사후적 분석(post-optimal analysis) 단계에서 추가적으로 고려할 만한 충분한 필요성이 있다.

$$\mu_r y_{jr} / \mu_1 y_{j1} \leq \psi_r, \forall j, r=3, \dots, 6 \tag{10}$$

식 (9), 식 (10) AR 제약식을 갖는 식 (7) 최적해 계산 결과로서, 단 4개  $r=3, \dots, 6$ 값에 동일하게 설정된  $\psi_r$ 을 갖는 ARGM 제약식 조정에 순서대로 대응하는 4개 ES계열 **ES<sup>8</sup>–ES<sup>11</sup>**이 **ES<sup>1</sup>**기준 오름차순 정렬되어 <표 7(b)>에 제시된다. <그림 5>에 **ES<sup>1</sup>**과 <표 7(b)> 4개 ES계열이 함께 시각화된다. **ES<sup>8</sup>** ( $\psi = 10.0$ )의 효율적 DMU B, D, E, G, J, Q, S, X, Y 9개에서, **ES<sup>11</sup>**( $\psi = 2.5$ )의 효율적 DMU B, E, J, Q, S, X 6개로 감소한다.

결국, 중간적 실험 조건에 대응하는 **ES<sup>4</sup>**( $\alpha = 0.25$ ), **ES<sup>10</sup>** ( $\psi = 5.0$ ) 2개 ES계열 공통으로 효율적 DMU는 B, E, G, Q, S, Y 6개가 확인된다. <표 8> 4개 ES계열 **ES<sup>8</sup>–ES<sup>11</sup>**간 상관분석

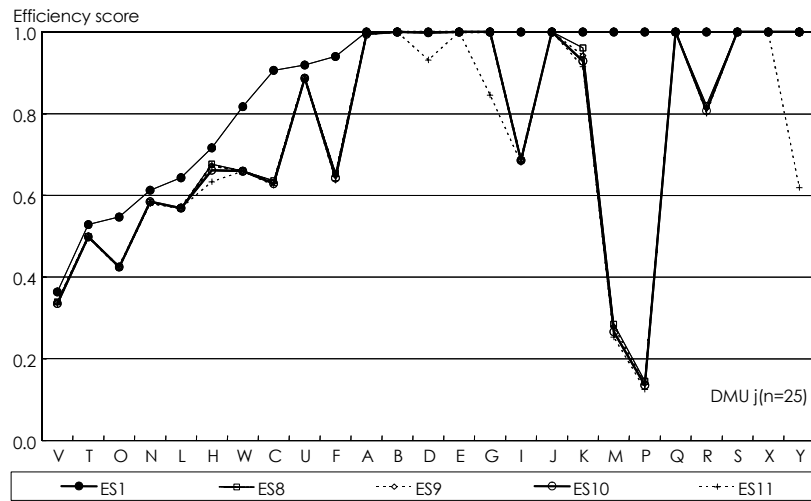


Figure 5. ES sensitivity analysis<sup>2</sup>: AR-I, ARGM constraints adjustment.

역시 ES<sup>1</sup>–ES<sup>7</sup> 7개 계열간 상관분석과 유사한 해석이 가능하고, 이와 같은 현상은 <그림 3>, <그림 5>에서도 확인되며, <표 9>에 ES<sup>1</sup>을 기준으로 계산된 ES 감소량이 정리된다.

Table 9. Summary of ES reduction percentage compared with ES<sup>1</sup>

No.	DMU ID	(a)							(b)			
		Eq.(2)	$\alpha = 0.10$	$\alpha = 0.20$	$\alpha = 0.25$	$\alpha = 0.30$	$\alpha = 0.40$	$\alpha = 0.50$	$\psi_r = 10.0$	$\psi_r = 7.5$	$\psi_r = 5.0$	$\psi_r = 2.5$
		ES <sup>1</sup>	ES <sup>2</sup>	ES <sup>3</sup>	ES <sup>4</sup>	ES <sup>5</sup>	ES <sup>6</sup>	ES <sup>7</sup>	ES <sup>8</sup>	ES <sup>9</sup>	ES <sup>10</sup>	ES <sup>11</sup>
1	V	0.00%	0.92%	2.15%	3.89%	5.12%	7.90%	12.89%	6.61%	7.17%	7.77%	8.41%
2	T	0.00%	1.78%	2.42%	3.51%	4.29%	8.31%	15.29%	5.62%	5.66%	5.70%	5.75%
3	O	0.00%	2.89%	4.83%	7.92%	10.17%	14.20%	21.51%	22.39%	22.39%	22.39%	22.39%
4	N	0.00%	3.38%	10.02%	12.85%	14.55%	22.98%	31.35%	4.81%	4.98%	4.51%	5.33%
5	L	0.00%	7.10%	10.39%	16.17%	18.50%	22.50%	31.44%	11.55%	11.55%	11.55%	11.55%
6	H	0.00%	5.52%	8.51%	9.27%	10.33%	12.34%	15.59%	5.54%	6.01%	7.67%	11.56%
7	W	0.00%	7.26%	9.45%	10.88%	12.40%	16.22%	20.91%	19.36%	19.36%	19.36%	19.36%
8	C	0.00%	28.07%	37.37%	44.79%	48.18%	53.56%	62.59%	29.84%	30.20%	30.63%	31.08%
9	U	0.00%	4.72%	10.15%	19.02%	25.21%	39.73%	50.36%	3.50%	3.50%	3.50%	3.50%
10	F	0.00%	19.87%	31.08%	35.21%	37.16%	40.39%	44.98%	30.46%	31.04%	31.64%	32.26%
11	A	0.00%	0.00%	0.05%	3.32%	5.35%	11.60%	16.77%	0.39%	0.42%	0.51%	0.51%
12	B	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
13	D	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.18%	6.85%
14	E	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	10.49%	23.61%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
15	G	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.74%	0.00%	0.00%	0.00%	15.43%
16	I	0.00%	16.94%	25.34%	31.46%	34.73%	40.60%	50.37%	31.38%	31.41%	31.46%	31.99%
17	J	0.00%	0.00%	3.68%	11.30%	18.97%	28.47%	36.49%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
18	K	0.00%	0.00%	2.91%	4.13%	5.27%	8.83%	14.10%	3.88%	5.74%	7.10%	8.50%
19	M	0.00%	0.00%	61.21%	73.06%	76.98%	82.06%	86.46%	71.51%	72.14%	73.38%	74.68%
20	P	0.00%	0.00%	0.00%	61.08%	74.43%	83.60%	85.83%	85.52%	86.06%	86.48%	87.44%
21	Q	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	15.66%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
22	R	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	12.01%	17.98%	18.63%	19.28%	19.90%
23	S	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	7.70%	19.59%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
24	X	0.00%	0.00%	0.00%	2.15%	12.50%	36.15%	54.66%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
25	Y	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	38.08%

Sorted by ES<sup>1</sup> in ascending order.

## 6. 종합

현재까지는, IT중소기업 정부자금 지원정책 성과 자료 조사를 위해 전문가 실사, 설문지 배포 · 회수, 콜센터 운영, 인터넷 성과자료 입력 시스템 등 다양한 경로가 활용 · 시도되었다. 반면, 성과 평가를 위한 과학적 · 정량적 의사결정 체계 수립은 상대적으로 미진하기에 수집 · 확보된 자료를 이용한 성과 평가에서의 활용이 충분히 실행되지 못하고 있는 실정으로 파악된다. 더욱이, 정확성 · 신뢰성 · 적시성을 겸비한 성과 평가 의사결정 체계의 부재로 인해, 성과 자료조사 현장 실무자는 조사 활동에 대한 올바른 피드백을 받지 못하기에 성과 평가에 꼭 필요한 핵심 자료보다는 지원정책 수혜기업의 단순한 프로파일만을 파악할 수 있는 기업 소개 자료만을 수집 · 관리하는 악순환이 되풀이되는 상황으로 판단된다.

본 연구는, IT중소기업 정부자금 지원정책 성과 지표체계와 성과조사 · 평가에 참여한 전문가 의견을 종합해 IT중소기업 정부자금 지원정책을 위한 DEA 성과 평가 자료구조를 정립하였다. 출력요소 측정시점 · 수집기간 정의는 출력요소 실현주기와 관련된 선행연구결과에 근거해 제시하였다. 특히, 본 연구에서 제안된 자료구조의 출력/입력요소에 맞춰 AR-I 제약식 생성 절차를 구체화하였다. 또한, 자료구조의 출력/입력요소 사이의 관계에 대한 해석과 DEA 기본모형의 초기 최적해로부터 미리 생성한 AR-I 제약식을 통합해 이에 대응하는 DEA/(AR-I, ARGM) 모형을 체계화하였다. 특히, ARGM 제약식을 도입 · 활용함으로써 개별 관리과제를 DMU로 설정하였으므로 적절하게 기업성과와 관련된 다수의 출력요소를 성과 평가에 포함하고 제약할 수 있었다. 제안된 IT중소기업 정부자금 지원정책 성과 평가를 위한 DEA 성과 평가 자료구조와 이에 맞춰 설계된 DEA/(AR-I, ARGM) 모형, 그리고 연속적인 AR 제약식 조정 사니리오에 따른 최적해 민감도 분석을 설명하였다. 사례 분석에서는, 일정수준 이상의 양(+)의 상관성을 갖는 ES 계열의 민감도 분석 결과가 확인되었고, 결국 AR 제약식 조정에 따른 multiplier 제약에 강건한 효율적 DMU 성과판정의 변별력을 높여 성과평가의 신뢰도를 제고할 수 있었다고 판단된다.

만약, 경제 · 사회적파급효과의 4개 출력요소의 증감분 또는 증감률이 사용되었다면, 본 DEA 성과 평가의 정확성은 좀 더 개선될 수 있었다고 판단되며, 이에 대한 고려가 후속 연구에서는 더 논의될 가치가 있다고 판단된다. 아울러, 수혜기업의 기업 내부의 정량 지표에만 경제 · 사회적파급효과의 출력요소를 한정짓지 말고 기업 외적인 정성 지표를 계발 · 포함하는 새로운 연구의 접근도 필요할 수 있다.

이와 같이 DMU 효율성 판정의 변별력이 확보된 후, DEA 성과 평가를 통해 상대적으로 효율성을 발휘하는 소수 bench-

mark DMU를 수행한 기업의 장점 · 특징 등이 구체적으로 무엇인지를 파악함으로써, 다수의 상대적으로 비효율적인 DMU를 수행한 기업에게로 전파 · 공유시킴으로써, 전체 정부자금 지원정책의 전반적 효율성 향상을 도모할 기회를 제공할 수 있다고 판단된다는 점에서도 정책적 함의(implication)를 찾을 수 있다고 생각된다. 아울러, DEA 성과 평가 대상 DMU 개수를 늘려 충분한 표본 크기가 확보된다면, DMU 효율성 지수를 순위등급으로 변환한 후 통계적 검정 등을 활용한 지원사업간 평가, 관리과제의 기술 분야간 평가(통신, 전파방송, 정보, 부품) 및 성장동력 분야간 평가(차세대 이동통신, 디지털 TV, 홈네트워크, ITSoc, 차세대 PC, 임베디드 S/W, 디지털 콘텐츠, 텔레매틱스) 등도 현실적 측면에서 해당 정책 입안자에게 유용한 정보를 줄 수 있다고 판단된다. 향후, 대규모 표본을 수집 · 확보하여 실증분석을 실시해 정책적 시사점을 도출하는 연구가 진행될 필요가 있으며, 더불어 본 연구에서 논의된 다수출력/입력요소중 DEA 성과 평가에 상대적으로 큰 영향력을 갖는 주요요소의 판정, 우선순위 부여 등도 후속 연구로 고려된다.

## <부 록>

$$\Psi, \Phi, M(n \times [(s-1) \times n]);$$

$$Y_1, Y_2([(s-1) \times n] \times (s-1)) \text{ 행렬}$$

$$\Psi = \begin{bmatrix} \psi_2 & \psi_3 & \cdots & \psi_s \\ & & & \vdots \\ & & \psi_2 & \psi_3 & \cdots & \psi_s \\ & & & & & \vdots \\ & & & & \psi_2 & \psi_3 & \cdots & \psi_s \end{bmatrix} \quad (A.1)$$

$$\Phi = \begin{bmatrix} \phi_2 & \phi_3 & \cdots & \phi_s \\ & & & \vdots \\ & & \phi_2 & \phi_3 & \cdots & \phi_s \\ & & & & & \vdots \\ & & & & \phi_2 & \phi_3 & \cdots & \phi_s \end{bmatrix} \quad (A.2)$$

$$M = \begin{bmatrix} \mu_2 & \mu_3 & \cdots & \mu_s \\ & & & \vdots \\ & & \mu_2 & \mu_3 & \cdots & \mu_s \\ & & & & & \vdots \\ & & & & \mu_2 & \mu_3 & \cdots & \mu_s \end{bmatrix} \quad (A.3)$$

$$Y_1 = \begin{bmatrix} y_{11} \\ & y_{11} \\ & & \vdots \\ & & & y_{11} \\ y_{21} \\ & y_{21} \\ & & \vdots \\ & & & y_{21} \\ & & & \vdots \\ y_{n1} \\ & y_{n1} \\ & & \vdots \\ & & & y_{n1} \end{bmatrix} \quad (A.4)$$

$$Y_2 = \begin{pmatrix} y_{12} \\ y_{13} \\ \vdots \\ y_{1s} \\ y_{22} \\ y_{23} \\ \vdots \\ y_{2s} \\ \vdots \\ y_{n2} \\ y_{n3} \\ \vdots \\ y_{ns} \end{pmatrix} \quad (A.5)$$

## 참고문헌

- Allen, R., Athanassopoulos, A., Dyson, R. G. and Thanassoulis, E. (1997), Weights Restrictions and Value Judgements in Data Envelopment Analysis, *Annals of Operations Research*, **73**, 13-34.
- Bae, Y., Kim, J. and Kim, S. (2006), Assessment of Ammunition Companies Using the IDEA Model, *IE Interfaces*, **19**(4), 291-299.
- Banker, R. D., Bardhan, I. and Cooper, W. W. (1996), A Note on Returns to Scale in DEA, *European Journal of Operational Research*, **88**(3), 583-585.
- Banker, R. D., Charnes, A. and Cooper, W. W. (1984), Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis, *Management Science*, **30**(9), 1078-1092.
- Banker, R. D., Conrad, R. F. and Strauss, R. P. (1986), A Comparative Application of Data Envelopment Analysis and Translog Methods: An Illustrative Study of Hospital Production, *Management Science*, **32**(1), 30-44.
- Bessent, A., Bessent, W., Kennington, J. and Reagan, B. (1982), An Application of Mathematical Programming to Assess Productivity in the Houston Independent School District, *Management Science*, **28**(12), 1355-1367.
- Callen, J. L. (1991), Data Envelopment Analysis: Partial Survey and Applications for Management Accounting, *Journal of Management Accounting Research*, **3**(Fall), 35-56.
- Charnes, A. and Cooper, W. W. (1980), Auditing and Accounting for Program Efficiency and Management Efficiency in Not-for-profit Entities, *Accounting, Organizations and Society*, **5**(1), 87-107.
- Charnes, A., Cooper, W. W., Huang, Z. M. and Sun, D. B. (1990), Polyhedral Cone-ratio DEA Models With an Illustrative Application to Large Commercial Banks, *Journal of Econometrics*, **46**(1-2), 73-91.
- Charnes, A., Cooper, W. W. and Rhodes, E. (1978), Measuring the Efficiency of Decision Making Units, *European Journal of Operational Research*, **2**(6), 429-444.
- Charnes, A., Cooper, W. W. and Rhodes, E. (1981), Evaluating Program and Managerial Efficiency: An Application of Data Envelopment Analysis to Program Follow Through, *Management Science*, **27**(6), 668-697.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M. and Tone, K. (2007), *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text With Models, Applications, References and DEA-Solver Software*, 2nd ed., New York: Springer.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M. and Zhu, J. (2004), *Handbook on Data Envelopment Analysis*, Boston : Springer (Kluwer Academic Publishers).
- Frontline Systems, Inc. (2007), *Premium Solver Platform Version 7.1 for Microsoft Excel*, <http://www.solver.com/Default.htm>, U. S. A.
- Gi, Y., Mun, T. and Sohn, S. (2004), Efficiency Analysis on Loan Projects for Information Literacy Promotion Using DEA and Logistic Regression Analysis, *Technology Innovation Study*, **12**(1), 25-48.
- Gregoriou, G. N. and Zhu, J. (2005), *Evaluating Hedge Fund and CTA Performance*, New Jersey: John Wiley & Sons.
- Hwang, S. (2006), *STEPI Policy Study 2006-12, Methodology of Economic Assessment for Classified R&D Programs*, Science & Technology Policy Institute(STEPI), Korea.
- Hwang, Y. and Hwang, S. (2005), *STEPI Policy Study 2004-20, An Assessment of the Performance Evaluation System for Government R&D*, Science & Technology Policy Institute(STEPI), Korea.
- Kim, G. (2006), *Information Literacy of Regional Government Administration with DEA*, Korea Academy Information, Inc., Korea.
- Kim, S. (2006), *Introduction to Management Science*, Younggimunh-wasa, Korea.
- Kim, J. and Kim, S. (2007), A Real Estate Price Appraisal Model Based on the Data Envelopment Analysis-Assurance Region(DEA-AR), *Housing Studies Review*, **15**(1), 29-61.
- Korea National Statistical Office(KNSO)(2007), *Korean Statistical Information Service(KOSIS) National Statistics Portal*, <http://www.kosis.kr/>, KNSO, Korea.
- Lee, D. and Yang, W. (2004), Performance Evaluations of Professional Baseball Players Using DEA/OERA, *IE Interfaces*, **17**(4), 440-449.
- Ministry of Information and Communication(MIC)(2006)<sup>1</sup>, *2006 Annual State Report of Small and Medium-sized Enterprises Funding Projects of MIC*, MIC, Korea.
- Ministry of Information and Communication(MIC)(2006)<sup>2</sup>, *Final Revision on IT SMERP 2010 Plan for Promoting a Sound Ecosystem of IT Small and Medium-sized Enterprises and Venture Business*, MIC, Korea.
- Ministry of Information and Communication(MIC)(2006)<sup>3</sup>, *IT839 Strategy*, <http://www.mic.go.kr/>, MIC, Korea.
- Ministry of Information and Communication(MIC) • Institute for Information Technology Advancement(IITA)(2006)<sup>1</sup>, *Performance Analysis on Information and Communication Promotion Fund (Technology Development Investment Projects)*, MIC • IITA, Korea.
- Ministry of Information and Communication(MIC) • Institute for Information Technology Advancement(IITA)(2006)<sup>2</sup>, *Performance Analysis on Information and Communication Promotion Fund (VIII)(Technology Development Investment Projects)*, SI Media, Inc., Korea.
- Ministry of Information and Communication(MIC) • Institute for Information Technology Advancement(IITA)(2007)<sup>1</sup>, *A Guideline for Performance Evaluation on Information and Communication Promotion Fund Projects in 2006*, Advisory Committee of Information and Communication Promotion Fund, Korea.
- Ministry of Information and Communication(MIC) • Institute for Information Technology Advancement(IITA)(2007)<sup>2</sup>, *Performance Analysis on Information and Communication Promotion Fund(IT Small and Medium-sized Enterprises Technology Development Projects)*, MIC • IITA, Korea.
- Park, K., Kim, Y. and Jung, H. (2005), Assessing Hospital Efficiency and Profit Dynamics Using DEA and DEA Window Analysis, *Korean Management Review*, **34**(1), 267-287.

- Parks, R. B. (1983), Technical Efficiency of Public Decision Making Units, *Policy Studies Journal*, **12**(2), 337-346.
- Pedraja-Chaparro, F., Salinas-Jimenez, J. and Smith, P. (1997), On the Role of Weight Restrictions in Data Envelopment Analysis, *Journal of Productivity Analysis*, **8**, 215-230.
- Rhim, H., Yoo, S. and Kim, Y. (1999), A DEA/AHP Hybrid Model for Evaluation & Selection of R&D Projects, *Journal of the Korean Operations Research and Management Science Society*, **24**(4), 1-12.
- Roll, Y., Cook, W. D. and Golany, B. (1991), Controlling Factor Weights in Data Envelopment Analysis, *IIE Transactions*, **23**(1), 2-9.
- Roll, Y. and Golany, B. (1993), Alternate Methods of Treating Factor Weights in DEA, *Omega, The International Journal of Management Science*, **21**(1), 99-109.
- Science, Technology, Information and Communication Committee (STICC)(2006), *Investigation Report on the Management Plan for 2007 Information and Communication Promotion Fund*, STICC, Korea.
- Seiford, L. M. and Thrall, R. M. (1990), Recent Development in DEA: The Mathematical Programming Approach to Frontier Analysis, *Journal of Econometrics*, **46**(1-2), 7-38.
- Sherman, H. D. and Gold, F. (1985), Bank Branch Operating Efficiency : Evaluation With Data Envelopment Analysis, *Journal of Banking and Finance*, **9**(2), 297-315.
- Sohn, S. and Joo, Y. (2004), Data Envelopment Analysis and Logistic Model for BRAIN KOREA 21, *IE Interfaces*, **17**(3), 249-260.
- Thompson, R. G., Langemeier, L. N., Lee, C. T., Lee, E. and Thrall, R. M. (1990), The Role of Multiplier Bounds in Efficiency Analysis With Application to Kansas Farming, *Journal of Econometrics*, **46**(1-2), 93-108.
- Winston, W. L. (2004), *Operations Research : Applications and Algorithms*, 4th ed., Belmont California : Thomson Brooks/Cole.
- Wong, Y-H. B. and Beasley, E. (1990), Restricting Weight Flexibility in Data Envelopment Analysis, *Journal of Operational Research Society*, **41**(9), 829-835.
- Zhu, J. (2003), *Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking : Data Envelopment Analysis With Spreadsheets and DEA Excel Solver*, Boston : Springer(Kluwer Academic Publishers).