

Bootstrapped Malmquist 지수를 이용한 국내 의약품산업의 생산성 변화 요인 분석에 관한 연구[†]

소순후*

<요 약>

본 연구는 Bootstrapped Malmquist 지수를 이용하여 국내 의약품산업의 생산성 변화 추이를 측정하고 이러한 변화를 기술효율성 변화와 기술변화 요인으로 분해함으로써 의약품산업의 생산효율성을 제고하기 위한 시사점을 제시하고자 한다. 특히 기존의 연구들과 달리 투입 및 산출요소의 여분을 반영하여 투입최소화와 산출최대화를 측정할 수 있는 투입산출지향 비방사적 Malmquist 지수를 분석에 활용한다. 또한 평활부트스트랩 방법을 적용하여 Malmquist 지수와 그 구성요인의 통계적 신뢰구간을 추정한다. 실증분석을 위해 2005년에서 2014년까지 10개년의 균형패널자료를 수집하였으며, 분석에 사용된 투입요소는 종사자수, 유형자산, 주요생산비를 선정하였고, 생산액을 산출요소로 사용하였다. 분석 결과, 의약품산업의 생산성은 분석기간 동안 하락한 것으로 나타났으며, 이러한 생산성 하락은 기술진보의 둔화에 기인한 것으로 나타났다. 또한 의약품산업의 기술적 효율성은 순수효율성보다는 규모효율성에 보다 많은 영향을 받은 것으로 분석되었다. 따라서 향후 의약품산업의 경쟁력 강화를 위해서는 효율적 R&D 투자와 산업구조의 선진화를 통해 기술혁신역량을 강화하는 정책적 지원이 요구된다.

핵심주제어: 의약품산업, 생산성 변화, 맘퀴스트 지수, 부트스트랩, 신뢰구간, 투입산출지향, 비방사적 모형

I. 서 론

의약품산업은 사람이나 동물의 질병을 예방 및 진단, 치료하는데 사용되는 의약품, 의료용 기초화합물 및 생약제제와 의료용품을 제조하는 산업으로서 전 세계적으로 빠르게 진행되고 있는 인구 고령화 및 수명 연장 등에 따라 향후 급속한 성장이 예상되는 미래유망 분야이다. 특히 우리나라는 국민의 평균수명 연장 속도가 매우 빠른 국가로서 2018년 고령 사회로의 진입을 시작으로 하여 2026년에는 고령자 비중이 20%를 상회하는 초고령 사회가 될 것으로 전망됨에 따라 국민의 생명과 건강에 직결되는 의약품산업의 중요성이 더욱 부각되고 있으며 차세대 신성장동력으로 적극 육성하기 위한 국가적 관심과 지원이 필요한 시기이다(이상구, 2015).

2014년 세계 의약품 매출규모는 출하가 기준 2014년 4분기 환율 적용 시 전년도 대비 8.4% 증가한 약 1조 달러 수준인 것으로 나타났다(IMS Health, 2015a). 이는 400조 원대의 휴대전화 산업과 역시 400조 원대의 반도체 산업을 합한 것보다 훨씬 더 큰 규모이다. 미국과 유럽, 일본 등 선진국이 전체 의약품 시장의 70%대를 차지하고 있으나 점차 아시아와 중남미 등 이른바 파머징(Pharmemerging) 마켓들이 연평균 10%대 이상의 높은 성장을 보일 것으로 예측되고 있다.

그러나 우리나라 의약품산업은 국내 생산에 기반을 둔 내수 완제품 중심의 비효율적 산업 구조를 보이고 있다. 2015년 기준 국내 의약품 생산액은 16.97조 원으로 이 가운데 수출은 3.33조 원에 불과하고, 완제품약품 생산 실적은 14.86조 원으로 전체의 87.6%를 차지하고 있다(식품의약품안전처, 2016). 국내 의약기업들은 규모의 영세성, R&D 역량 부족, 협소한 내수시장에서의 과당경쟁, 상·하위 기업간 양극화 문제 등으로

어려움을 겪고 있으며, 최근에는 한-EU FTA, 한-미 FTA 발효 등으로 글로벌 제약기업들과의 경쟁이 불가피한 실정에 놓여 있다. 이와 관련해 정부는 의약품산업의 구조적 변화를 촉진하기 위해 의약품 리베이트 규제 강화(2010. 11), 약가 제도 개편 및 제약산업 선진화 방안 마련(2011. 8), 약가일괄인하 시행(2012. 4), 혁신형 제약기업 선정을 통한 제약산업 경쟁력 강화방안 마련(2012. 6) 등 여러 정책을 추진하고 있다.

이러한 상황에서 향후 의약품산업의 발전방향을 모색하기 위해 선행되어야 할 것은 현재 의약품산업이 가지고 있는 혁신역량 수준에 대한 정확한 진단일 것이다. 특히 의약품산업의 경쟁력을 강화하고 산업구조의 질적 고도화를 위해서는 혁신을 통한 산업생산성 향상이 무엇보다 중요함에도 불구하고 아직까지 의약품산업의 생산성 변화 추이와 영향요인을 살펴보는 계량적 분석은 매우 미진한 실정이다. 일부 선행 연구들에서 제약업체를 대상으로 효율성을 분석하고 있으나 산업 수준에서 접근한 생산성 분석은 거의 이루어지지 않았다(김성아, 2007; 정성민과 유한주, 2011; 박정석과 유인선, 2014; 김근령과 김기홍, 2015; Hashimoto와 Haneda, 2008; You 등, 2010; Song과 Zhang, 2013).

생산성은 산업경쟁력을 측정할 수 있는 주요 지표로서 산업육성정책의 가장 중요한 성과지표이다. 본 연구에서는 생산함수에 대한 가정이 필요없는 비모수적 Malmquist 지수를 이용하여 생산성을 측정한다. 그동안 Malmquist 지수를 이용한 생산성 분석은 다양한 분야에서 시도되어 왔지만, 대부분의 연구들이 방사적 모형(radial model) 위주로 측정하고 있어 투입 및 산출요소에 존재하는 여분(slack)을 고려하지 못할 뿐만 아니라 투입최소화나 산출최대화 중 어느 한 측면에서만 측정하는 한계를 가지고 있다(소순후, 고민창, 2015).

따라서 본 연구에서는 투입과 산출요소의 여분을 반영하여 투입최소화와 산출최대화를 측정할 수 있는 SBM(slack-based measure) 모형 기반의 투입산출지향 비방사적(non-radial) Malmquist 지수를 활용하여 국내 의약품산업의 생산성 변화를 측정한다. 특히 비모수적 기법인 Malmquist 지수의 단점으로 지적되고 있는 생산성 추정치의 신뢰도 문제를 개선하기 위해 부트스트랩(bootstrap) 방법을 적용하여 통계적 신뢰구간(confidence interval)과 편의가 수정된(bias-corrected) Malmquist 생산성 지수를 추정하고 이를 기술효율성, 규모효율성, 기술변화 요인 등으로 분해함으로써 의약품산업 발전을 위한 시사점을 모색한다.

이를 위해 먼저 비방사적 Malmquist 지수와 부트스트랩 방법에 관한 이론적 고찰과 함께 주요 선행연구를 검토한다. 다음으로 의약품산업의 생산성 변화 추이에 대한 분석결과를 제시하고 이에 따른 시사점과 향후과제를 논의한다.

II. 이론적 고찰

1. DEA-SBM 모형

DEA(data envelopment analysis)는 선형계획법(linear programming)에 의거 다수의 투입요소를 사용하여 다수의 산출물을 생산하는 의사결정단위(decision making unit: DMU)의 효율성을 측정하는 비모수적 기법이다. DEA에서는 DMU들의 투입요소와 산출물 자료를 이용하여 효율적 프런티어(efficient frontier)를 도출하고, 각 DMU가 효율적 프런티어로부터 떨어져 있는 거리를 계산하여 각각의 상대적 효율성을 측정한다(Cooper et al., 2000).

DEA 모형에서는 규모의 수익 불변(constant

returns to scale)을 가정하는 CCR 모형과 규모의 수익 가변(variable returns to scale)을 가정하는 BCC 모형이 가장 널리 이용되고 있다(오지환, 정기호, 2012). 그러나 CCR 모형과 BCC 모형 등의 방사적 모형은 효율적인 DMU의 경우에도 투입요소와 산출물에 여분이 존재하는 문제를 지니고 있다(소순후, 2011).

이러한 문제점을 극복하고 보다 정확한 효율성 측정값을 구하기 위해서는 투입요소와 산출물의 여분이 '0'인 DMU를 효율적인 DMU로 평가하는 SBM 모형을 이용할 필요가 있다(장영재, 양동현, 2013; 조건 등, 2015).

만약 n 개의 DMU, m 개의 투입요소, s 개의 산출물이 있다고 가정할 때, 특정 DMU_o 의 효율성 측정을 위한 SBM 모형은 다음과 같다(Tone, 2001).

$$\text{Min } \rho_0 = \left(1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m s_i^- / x_{i0}\right) / \left(1 + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s s_r^+ / y_{r0}\right) \quad (1)$$

$$\text{s.t. } x_{i0} - \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j - s_i^- = 0, \quad i = 1, 2, \dots, m,$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - y_{r0} - s_r^+ = 0, \quad r = 1, 2, \dots, s,$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad s_i^- \geq 0, \quad s_r^+ \geq 0$$

여기서 x_{ij} 는 j 번째 DMU의 i 번째 투입요소, y_{rj} 는 j 번째 DMU의 r 번째 산출요소, λ_j 는 j 번째 DMU의 가중치, 그리고 s_i^- 와 s_r^+ 는 투입요소와 산출물의 여분을 의미한다.

식(1)의 목적함수의 분모와 분자에 각각 양수 α 를 곱한 후 변수치환을 하면 다음의 선형계획 모형으로 나타낼 수 있다.

$$\text{Min } \tau_0 = \alpha - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \alpha s_i^- / x_{i0} \quad (2)$$

$$\text{s.t. } \alpha + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \alpha s_r^+ / y_{r0} = 1,$$

$$x_{i0} - \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j - s_i^- = 0, \quad i = 1, 2, \dots, m,$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - y_{r0} - s_r^+ = 0, \quad r = 1, 2, \dots, s,$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad s_i^- \geq 0, \quad s_r^+ \geq 0, \quad \alpha > 0$$

또한 $S_i^- = \alpha s_i^-$, $S_r^+ = \alpha s_r^+$, $A_j = \alpha \lambda_j$ 라고 하면 식(2)는 다음과 같은 식(3)의 선형계획 모형으로 나타낼 수 있다.

$$\text{Min } \tau_0 = \alpha - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S_i^- / x_{i0} \quad (3)$$

$$\text{s.t. } \alpha + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s S_r^+ / y_{r0} = 1,$$

$$\alpha x_{i0} - \sum_{j=1}^n x_{ij} A_j - S_i^- = 0, \quad i = 1, 2, \dots, m,$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} A_j - \alpha y_{r0} - S_r^+ = 0, \quad r = 1, 2, \dots, s,$$

$$A_j \geq 0, \quad S_i^- \geq 0, \quad S_r^+ \geq 0, \quad \alpha > 0$$

이제 식(1)의 최적해와 최적값을 각각 $(\lambda_j^*, s_i^{*-}, s_r^{*+})$ 와 ρ_0^* 라 하고 식(3)의 최적해 및 최적값을 각각 $(A_j^*, S_i^{*-}, S_r^{*+}, \alpha^*)$ 와 τ_0^* 라고 하면, $\rho_0^* = \tau_0^*$, $\lambda_j^* = \frac{A_j^*}{\alpha^*}$, $s_i^{*-} = \frac{S_i^{*-}}{\alpha^*}$, $s_r^{*+} = \frac{S_r^{*+}}{\alpha^*}$ 가 성립하며, 식(1)의 최적값 ρ_0^* ($0 \leq \rho_0^* \leq 1$)가 $\rho_0^* = 1$ 이면(즉, 모든 $i = 1, 2, \dots, m, r = 1, 2, \dots, s$ 에 대하여 $s_i^{*-} = s_r^{*+} = 0$ 이면) DMU_o 는 SBM-효율적(SBM-efficient)이라고 정의한다. 한편, 규모의 수익 불변 SBM 모형인 식(1)에서 가중치 합을

1로 하는 제약조건, $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ 을 추가하면 규모의 수익 가변 SBM 모형이 된다.

2. Malmquist 생산성 지수

Malmquist 지수는 거리함수(distance function)를 이용하여 두 개의 시점 간의 총요소생산성 변화를 측정하는 방법으로 다음 식과 같이 표현할 수 있다(Fare et al., 1994).

$$M^{t,t+1} = \sqrt{\frac{D^t((x,y)^{t+1})}{D^t((x,y)^t)} \times \frac{D^{t+1}((x,y)^{t+1})}{D^{t+1}((x,y)^t)}} \quad (4)$$

이는 두 Malmquist 지수의 기하평균으로 t기(또는 t+1기)의 효율적 프론티어로부터 t기와 t+1기의 투입(x)-산출(y) 관측치까지의 거리함수 비율을 나타낸다. 위의 수식으로부터 Malmquist 지수는 다음과 같이 기술효율성 변화(technical efficiency change)와 기술 변화(technological change)의 곱으로 분해할 수 있고, 기술효율성 변화는 다시 순수한 효율성 변화(pure technical efficiency change)와 규모의 효율성 변화(scale efficiency change)로 분해할 수 있다.

$$M^{t,t+1} = \frac{D_{crs}^{t+1}((x,y)^{t+1})}{D_{crs}^t((x,y)^t)} \times \quad (5)$$

$$\sqrt{\frac{D_{crs}^t((x,y)^{t+1})}{D_{crs}^{t+1}((x,y)^{t+1})} \times \frac{D_{crs}^t((x,y)^t)}{D_{crs}^{t+1}((x,y)^t)}}$$

$$= \left[\frac{D_{vrs}^{t+1}((x,y)^{t+1})}{D_{vrs}^t((x,y)^t)} \right] \times$$

$$\left[\frac{D_{crs}^{t+1}((x,y)^{t+1})/D_{vrs}^{t+1}((x,y)^{t+1})}{D_{crs}^t((x,y)^t)/D_{vrs}^t((x,y)^t)} \right] \times$$

$$\sqrt{\frac{D_{crs}^t((x,y)^{t+1})}{D_{crs}^{t+1}((x,y)^{t+1})} \times \frac{D_{crs}^t((x,y)^t)}{D_{crs}^{t+1}((x,y)^t)}}$$

여기서 D_{crs} 는 규모의 수익 불변을 가정한 거리함수이고, D_{vrs} 는 규모의 수익 가변을 가정한 거리함수이다. 만일 Malmquist 지수가 1보다 크면 t 기에 비해서 $t+1$ 기의 생산성이 상승한 것이고, 1보다 작으면 생산성의 하락을 의미한다.

Malmquist 지수를 계산하기 위해서는 4개의 거리함수, $D^t((x, y)^t)$, $D^{t+1}((x, y)^{t+1})$, $D^t((x, y)^{t+1})$, $D^{t+1}((x, y)^t)$ 를 추정해야 한다. 여기서 앞의 두 개의 거리함수는 동일 시점 내에서의 측정치이고, 뒤의 두 개의 거리함수는 서로 다른 시점 간의 측정치이다. 이러한 거리함수 추정에는 DEA 모형을 이용하여 계산할 수 있는데, 본 연구에서는 투입산출지향 비방사적 SBM 모형을 활용한다. 이는 기존의 투입지향 혹은 산출지향 방사적 모형의 경우 투입요소의 여분(input surpluses)과 산출물의 여분(output shortfalls)을 반영하여 정확하게 측정하지 못하는 한계가 있기 때문이다(류백현, 소순후, 2016). 이 중에서 거리함수 $D^{t+1}((x_o, y_o)^t)$ 를 추정하는 SBM 모형은 다음의 선형계획식으로 나타낼 수 있다(Tone, 2002).

$$D^{t+1}((x_o, y_o)^t) = \text{Min} \frac{\left(1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{io}^t}\right)}{\left(1 + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \frac{s_r^+}{y_{ro}^t}\right)} \quad (6)$$

$$\text{s.t. } x_{io}^t - \sum_{j=1}^n x_{ij}^{t+1} \lambda_j - s_i^- = 0, \quad (i = 1, \dots, m)$$

$$\sum_{j=1}^n y_{ij}^{t+1} \lambda_j - y_{ro}^t - s_r^+ = 0, \quad (r = 1, \dots, s)$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad s_i^- \geq 0, \quad s_r^+ \geq 0$$

3. Bootstrap 방법

비모수적 기법인 Malmquist 지수는 생산함수

에 대한 사전적 가정 없이 확정적(deterministic) 선형계획법을 이용해 생산성을 측정할 수 있는 장점이 있지만, 생산성 추정치에 대한 확률오차를 고려하지 않아 통계적 유의성을 검증할 수 없다는 한계점을 지니고 있다. 이러한 한계를 해결하기 위하여 본 연구에서는 Simar와 Wilson (1999, 2000)이 제시한 평활부트스트랩(smoothed bootstrap) 절차를 적용하여 생산성 추정치에 대한 통계적 신뢰구간을 제시한다.

부트스트랩 기법은 자료생성과정(data-generating process)을 반복적으로 시뮬레이션하여 모수의 추정치를 얻고, 이에 근거하여 신뢰구간을 추정해 내는 기법이다. 이러한 부트스트랩 과정을 단계별로 요약하면 다음과 같다(Simar and Wilson, 1999).

- 1) 선형계획모형의 해를 구하여 각 DMU에 대한 Malmquist 지수 $\widehat{M}_i^{t,t+1} (i=1, \dots, n)$ 를 계산한다.
- 2) 이변량커널밀도추정(bivariate kernel density estimation)과 반사법(reflection method)을 사용하여 준거부트스트랩기술(reference bootstrap technology)을 형성하기 위해 의사자료집합(pseudo data set) $\{(x_{it}^*, y_{it}^*) | i = 1, \dots, n; t = 1, 2\}$ 을 추출한다.
- 3) 의사자료집합을 이용하여 Malmquist 지수의 부트스트랩 추정치 $\widehat{M}_{ib^*}^{t,t+1}$ 를 계산한다.
- 4) 위의 단계를 B번 반복하여 Bootstrapped Malmquist 지수 $\{\widehat{M}_{i1^*}^{t,t+1}, \dots, \widehat{M}_{iB^*}^{t,t+1}\}$ 를 추정한다.

이상의 과정을 통해 Malmquist 지수의 편의조정추정치 $\widetilde{M}_i^{t,t+1}$ 는 다음 식과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \widetilde{M}_i^{t,t+1} &= \widehat{M}_i^{t,t+1} - \widehat{bias}_i \\ &= 2\widehat{M}_i^{t,t+1} - B^{-1} \sum_{b=1}^B \widehat{M}_{ib^*}^{t,t+1} \end{aligned} \quad (7)$$

또한 각 DMU의 Malmquist 지수에 대하여 추정된 $(1-\alpha) \times 100\%$ 신뢰구간은 다음과 같이 설정할 수 있다.

$$\widehat{M}_i^{t,t+1} + \widehat{a}_\alpha^* \leq M_i^{t,t+1} \leq \widehat{M}_i^{t,t+1} + \widehat{b}_\alpha^* \quad (8)$$

4. 관련 선행연구의 검토

DEA 모형이나 Malmquist 지수를 이용하여 의약품산업이나 제약업체의 효율성 및 생산성을 측정할 국내외의 연구들을 살펴보면 <표 1>에서 보는 바와 같다.

먼저 국내 제약업체를 대상으로 한 연구에서

김성아(2007)는 국내 24개 상장제약회사를 자산 규모에 따라 3개 그룹으로 구분하여 2001년~2005년 기간 동안의 효율성과 생산성 변화를 측정하였다. 또한 정성민과 유한주(2011)는 2006년~2010년간의 재무제표 자료를 이용하여 19개 제약회사의 효율성 및 생산성을 측정하였으며, 박정석과 유인선(2014)은 국내 코스피 및 코스닥에 상장된 38개 제약기업을 대상으로 2007년~2011년까지 5년간의 효율성과 생산성을 측정하였다. 그리고 김근령과 김기홍(2015)은 국내 51개 제약업체를 대상으로 2003년~2013년까지 11년간의 효율성을 측정하고, 그 효율성에 영향을 미치는 결정요인을 분석하였다.

<표 1> 의약품 관련 산업의 효율성과 생산성 분석에 관한 선행연구

연구자(연도)	투입변수	산출변수	분석모형
Hashimoto와 Haneda (2008)	R&D expenditure	number of patents, sales, operating income	DEA Malmquist
You 등 (2010)	number of workers, tangible assets, sales expenses, SAE	sales	DEA Tobit
Song과 Zhang (2013)	full-time equivalent staff in R&D, R&D expenditure, R&D funding on new product	output value of new product, number of patent applications	DEA Malmquist
김성아 (2007)	인건비, 매출원가, 판매관리비, 자산	매출액	DEA Malmquist
정성민과 유한주 (2011)	총자산, 매출원가, 판매비 및 관리비, 급여	매출액	DEA Malmquist
박정석과 유인선 (2014)	판매관리비, 연구개발비, 인건비, 총자산	당기순이익, 영업이익, 총매출	DEA Malmquist
김근령과 김기홍 (2015)	총자산, 유형고정자산	매출액	DEA Tobit

국외의 연구로 Hashimoto와 Haneda(2008)는 일본의 10대 제약업체를 대상으로 1983년~1992년간의 R&D 효율성 변화를 측정하였고, You 등(2010)은 미국과 한국 제약업체를 대상으로 소유구조가 효율성에 미치는 영향을 분석하였으며, Song과 Zhang(2013)은 DEA-Malmquist 기법으

로 2002년~2011년까지 중국 제약산업의 효율성을 측정하였다.

이상의 선행연구들은 대부분이 방사적 모형을 이용하여 효율성 및 생산성을 측정하고 있어 투입 및 산출요소에 존재하는 여분을 반영하지 못하는 한계가 있다. 이러한 한계를 고려하여 최근

의 연구에서는 투입과 산출의 여분을 반영하는 비방사적 Malmquist 지수를 적용한 생산성 분석이 시도되고 있다. 유금록(2014)은 국내의 발전공기업을 대상으로, Wang 등(2014)은 인도의 전기 생산성지수를 이용하여 생산성 변화를 측정하였다. 그리고 Chiu 등(2011)은 대만의 은행을 대상으로, Kumar와 Gulati(2014)는 인도의 은행을 대상으로 투입지향의 비방사적 Malmquist 생산성 지수를 이용하여 생산성 변화를 측정하였다.

한편 본 연구와 유사하게 투입산출지향의 관점에서 생산성을 분석한 연구는 상대적으로 미진한 실정이며(최문경, 2011; 유금록, 2012; 안선영과 소순후, 2014; Morfeldt와 Silveira, 2014; Gutierrez 등, 2015; Nakata 등, 2016), Malmquist 지수에 대한 통계적 유의성 검정을 포함하지 않을 경우 측정결과의 신뢰성이 문제가 될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 투입산출지향의 비방사적 Malmquist 지수에 부트스트랩 방법을 적용하여 국내 의약품산업의 생산성 변화를 보다 정확하게 추정하고, 이러한 변화에 유의미한 영향을 미치는 요인을 분석함으로써 생산성 제고를 위해 어느 부분에 역량을 집중하는 것이 더 효과적인지에 대한 정책적 시사점을 도출하고자 한다.

III. 실증분석

1. 분석대상과 측정변수

본 연구에서는 국내 의약품산업을 대상으로 2005년부터 2014년까지 10년간의 생산성 변화 추이를 분석한다. 의약품산업의 범위는 한국표준산업분류(KSIC-9)의 세세분류를 기준으로 의약품 화합물 및 항생물질 제조업, 생물학적 제제 제조업, 완제 의약품 제조업, 한의약품 제조업, 동물용 의약품 제조업, 의료용품 및 기타 의약품

제조업 제조업으로 설정하였다.

전통적으로 생산성 측정을 위해 사용되는 투입요소는 크게 노동과 자본으로 나누어 볼 수 있다. 하지만 본 연구에서는 노동이나 자본과 같은 본원적 생산요소 이외에 중간재 투입요소를 추가하여 생산성을 측정한다. 이를 위해 통계청에서 발행하는 광업·제조업조사보고서 상의 업종별 종사자수를 노동투입으로 사용하고, 자본투입은 유형자산 연말잔액을 사용한다. 유형자산은 생산활동에 사용할 목적으로 취득한 물리적 자산에 대한 투자를 나타내는 지표로서 자본스톡의 대리변수로 간주될 수 있다.

그리고 중간재투입으로는 광업·제조업조사보고서 상에 제시된 주요생산비 항목을 사용하였는데, 이는 1년 동안 생산을 위하여 사용한 제비용인 원재료비, 연료·전력·용수비, 외주가공비, 수선비 등을 말한다. 한편 산출요소는 생산액 혹은 부가가치를 기준으로 하여 측정할 수 있는데, 본 연구의 경우 투입요소에 중간재투입이 포함되어 있기 때문에 의약품산업의 각 업종별 생산액을 총산출로 정의하고 생산성을 측정한다.

2. 생산성 변화 분석 결과

본 연구는 국내 의약품산업의 생산성 변화를 투입산출지향 비방사적 Malmquist 지수를 이용하여 측정하였다. 특히 부트스트랩 반복표본추출(bootstrap resampling) 절차를 2,000회 반복시행하여 편이가 수정된 Malmquist 지수와 통계적 신뢰구간을 추정하였다.

<표 2>는 2005년부터 2014년까지 의약품산업의 연평균 Malmquist 생산성 변화 지수의 추정 결과를 보여주고 있다. 먼저 의약품산업 전체의 생산성 변화 추정 결과를 살펴보면, 분석기간 동안 약 1.6% 정도 생산성 하락이 있었음을 알 수 있다.

<표 2> 의약품산업의 생산성 변화 추정 결과

구 분	2005- 2006년	2006- 2007년	2007- 2008년	2008- 2009년	2009- 2010년	2010- 2011년	2011- 2012년	2012- 2013년	2013- 2014년	기하 평균
의약품 화합물 및 항생물질	0.973** (0.933, 0.997)	0.942** (0.890, 0.979)	1.129 (0.960, 1.536)	0.956** (0.931, 0.998)	0.896*** (0.877, 0.905)	1.068*** (1.044, 1.102)	0.946*** (0.921, 0.971)	0.912*** (0.792, 0.932)	0.990*** (0.990, 0.991)	0.977
생물학적 제제	0.695*** (0.515, 0.822)	1.119 (0.967, 1.430)	0.832** (0.763, 0.974)	1.363*** (1.164, 1.692)	0.670*** (0.615, 0.810)	1.012 (0.884, 1.073)	1.148*** (1.138, 1.198)	1.022** (1.009, 1.065)	0.919*** (0.872, 0.959)	0.952
완제 의약품	0.993 (0.949, 1.044)	0.993 (0.914, 1.050)	0.993 (0.969, 1.030)	0.883*** (0.838, 0.925)	0.969 (0.909, 1.013)	1.046* (1.006, 1.107)	1.009 (0.993, 1.027)	0.999 (0.994, 1.006)	0.990* (0.975, 0.998)	0.985
한의약품	0.991 (0.705, 1.061)	1.065** (1.022, 1.147)	0.973* (0.830, 0.999)	1.050*** (1.016, 1.215)	1.145** (1.001, 1.322)	0.859*** (0.788, 0.905)	0.742*** (0.663, 0.825)	1.039 (0.850, 1.154)	1.085 (0.983, 1.253)	0.987
동물용 의약품	0.971 (0.714, 1.008)	1.083 (0.955, 1.163)	0.932 (0.888, 1.062)	1.136*** (1.054, 1.276)	1.423*** (1.341, 1.510)	0.937*** (0.917, 0.957)	0.656*** (0.600, 0.741)	0.960*** (0.938, 0.969)	1.018** (1.001, 1.031)	0.995
의료용품 및 기타 관련제품	0.976 (0.961, 1.022)	0.991 (0.971, 1.051)	0.985 (0.958, 1.019)	2.528*** (1.929, 3.303)	0.754*** (0.704, 0.803)	0.747*** (0.668, 0.837)	1.193*** (1.142, 1.325)	0.576*** (0.471, 0.686)	1.190*** (1.040, 1.472)	1.012
의약품 산업 전체	0.926	1.030	0.970	1.230	0.946	0.938	0.927	0.901	1.029	0.984

주) 괄호 안은 통계적 신뢰구간이며, *, **, ***는 각각 10%, 5%, 1% 수준에서 통계적으로 유의함을 나타냄.

기간별로는 2008년~2009년 기간에 가장 큰 폭으로 생산성이 증가한 이후 하락 추세가 지속 되는 양상을 보였는데, 이는 일련의 정부 규제 정책의 변화와 글로벌 경기침체의 외부충격이 생산성 변화에 부정적인 영향을 미친 것으로 해석된다.

또한 세부업종별로는 의료용품 및 기타 의약품 관련제품을 제외한 모든 업종의 생산성이 하락한 것으로 나타났으며, 특히 생물학적 제제 제조업은 생산요소의 증가세에도 불구하고 의약품산업 전체 평균보다도 상당히 낮은 저생산성 구조를 보이고 있다.

의약품산업의 생산성 변화를 다각적으로 분석하기 위해 <그림 1>에서 보는 바와 같이 Malmquist 지수(malm)를 기술효율성 변화(effch)와 기술 변

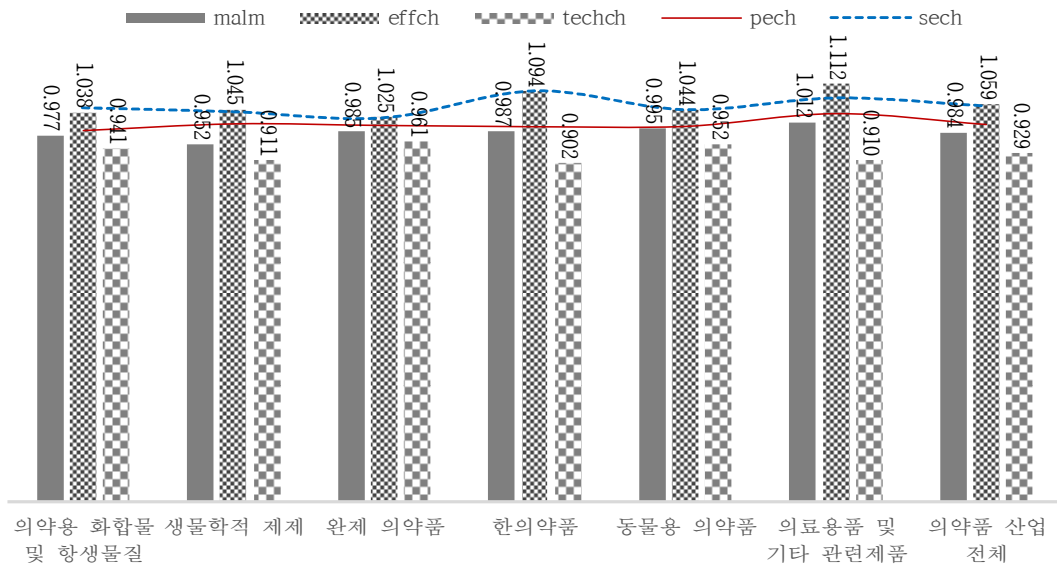
화(tech)로 분해하고, 기술효율성 변화는 다시 순수효율성 변화(pech)와 규모효율성 변화(sech)로 분해하였다. 구성요소별로 살펴보면 기술효율성은 분석기간 동안 5.9%의 증가를 보인 반면, 기술 변화는 7.1% 하락한 것으로 나타나 결국 의약품산업의 생산성 감소는 전적으로 기술진보의 둔화에 기인한 것임을 알 수 있다. 또한 기술 효율성을 분해하여 살펴보면 규모효율성이 순수 효율성보다 상대적으로 높은 것으로 나타났는데, 이러한 결과는 규모의 경제에 의한 효율성 개선 효과가 존재하는 것으로 해석되며 산업규모의 지속적 확대가 필요함을 시사하고 있다. 따라서 향후 의약품산업의 생산효율성 제고를 위해서는 산업구조의 선진화와 효율적 연구개발 투자를 통해 기술혁신 역량의 강화하는 정책적 지원이

요구된다고 할 수 있다.

구체적으로 분석기간 동안 기술효율성 향상이 가장 높은 업종은 의료용품 및 기타 의약품관련제품 제조업이며, 생산 프런티어의 하향이동을 의미하는 기술퇴보가 가장 두드러진 업종은 한의약품 제조업으로 나타났다. 그리고 규모효율성이 가장 높은 업종은 한의약품 제조업이며, 의약품 화학물 및 항생물질 제조업은 투입-산출요소 비율의 합리화를 통해 순수한 기술적 비효율성의

개선이 우선시 되어야 함을 알 수 있다.

한편 <그림 1>의 표에서 보면 Malmquist 지수의 원추정치(original estimate)에 편의(bias)가 발생한 것을 확인할 수 있다. 예를 들어 한의약품의 경우 생산성이 하락하는데 원추정치는 생산성이 증가하는 것으로 과대추정되어 정반대의 결과를 제시하고 있다. 이는 보다 정확한 분석을 위해서는 편의가 수정된 측정치를 반영할 필요가 있음을 시사한다.



구분	의약품 화학물 및 항생물질	생물학적 제제	완제 의약품	한의약품	동물용 의약품	의료용품 및 기타 관련제품	의약품 산업 전체
malm	0.977 (0.989)	0.952 (0.973)	0.985 (0.990)	0.987 (1.001)	0.995 (0.987)	1.012 (1.016)	0.984 (0.993)
effch	1.038 (1.008)	1.045 (1.012)	1.025 (1.000)	1.094 (1.072)	1.044 (0.999)	1.112 (1.073)	1.059 (1.027)
techch	0.941 (0.981)	0.911 (0.962)	0.961 (0.990)	0.902 (0.933)	0.952 (0.988)	0.910 (0.947)	0.929 (0.967)
pech	0.990 (0.986)	1.007 (1.000)	1.003 (1.000)	1.000 (1.000)	1.001 (1.000)	1.035 (1.034)	1.006 (1.003)
sech	1.049 (1.022)	1.038 (1.012)	1.022 (1.000)	1.094 (1.072)	1.043 (0.999)	1.075 (1.038)	1.053 (1.024)

주) 괄호 안의 값은 Malmquist 지수의 원추정치(original estimate)임.

<그림 1> Malmquist 생산성지수와 구성요소의 변화

IV. 결 론

세계 의약품 시장은 고령화사회로의 진입과 웰빙에 대한 니즈의 증가로 지속적으로 확대될 전망이다. 지난 10년간 세계 의약품 시장은 연평균 6.2% 성장하였으며, 향후 5년간 연평균 4~7%로 성장하여 2020년에는 1조 4,000억 달러에 달할 것으로 추정되고 있다(IMS Health, 2015b). 국내 의약품 시장도 지속적으로 성장해왔으나, 글로벌 제약기업에 대한 경쟁력 약화 및 정부의 약가인하 정책 등 내·외부적으로 위기를 겪고 있는 상황이다. 이러한 상황에서 국내 의약품산업의 경쟁력 확보를 위해서는 노동, 자본 등 생산요소의 양적 투입에 의존한 외연적 성장에서 벗어나 기술혁신을 통한 생산성 향상이 주도하는 내연적 성장으로의 전환이 요구된다고 할 수 있다.

이에 본 연구에서는 2005년부터 2014년까지의 균형패널데이터를 이용하여 의약품산업의 생산성 변화를 실증적으로 분석하고, 이러한 생산성 변화의 구성요인을 분해하여 살펴보았다. 특히 투입 및 산출요소의 여분을 반영하여 투입최소화와 산출최대화를 측정할 수 있는 투입산출지향 비방사적 Malmquist 지수를 적용함으로써 기존의 방사적 모형을 이용한 생산성 측정의 한계를 보완하였다.

본 연구의 주요 실증분석 결과와 시사점은 다음과 같이 요약할 수 있다. 첫째, 분석 대상 기간 동안 의약품산업의 생산성은 하락한 것으로 나타났으며, 이러한 생산성 하락은 주로 기술진보의 둔화에 기인한 것으로 분석되었다. 앞서 살펴본 선행연구들에서도 분석기간 동안 생산성이 감소한 것으로 나타났는데, 기술성장의 둔화를 생산성 하락의 주된 원인으로 분석하고 있어 본 연구와 일치하는 결과를 보이고 있다(김성아, 2007; 정성민과 유한주, 2011; 박정석과 유인선,

2014). 따라서 향후 의약품산업의 경쟁력 강화를 위해서는 우선적으로 연구개발투자 확대와 유망 기술 지원 등과 같은 기술진보를 촉진하는 정책적 지원이 우선적으로 요구된다고 할 수 있다. 이를 위한 방안으로 바이오 신약 등 신약개발 R&D 역량을 보유하고 있는 전문기업과 자금력을 지닌 대기업간의 협력 네트워크 환경 조성 등을 통해 민간 연구개발투자 규모를 확대하는 한편, 글로벌 수준의 신약개발 파이프라인(pipeline)에 대한 정부의 R&D 우선지원 등의 정책적 뒷받침이 필요하다.

둘째, 의약품산업의 기술적 효율성은 순수효율성보다는 규모효율성에 보다 많은 영향을 받은 것으로 분석되었다. 이에 대해서는 선행연구들이 각기 다른 결과를 보여주고 있는데, 산업 수준에서 분석한 본 연구와 달리 기존 연구들은 제약 기업들을 대상으로 하고 있어 개별기업의 성격이나 규모에 따라 효율성의 차이가 발생하는 것으로 여겨진다. 국내 의약품산업은 내수 완제품 중심의 영세한 산업 구조를 보이며, 최근 한-EU FTA, 한-미 FTA 발효 등으로 글로벌 제약기업들과의 경쟁이 불가피한 상황이다. 따라서 생산 규모의 효율성을 증진시키기 위해서는 해외 매출 및 수출을 통한 시장규모의 외연확대와 기업 간 M&A(mergers and acquisitions)를 통한 산업 구조의 선진화를 모색할 필요가 있다.

이를 위해 정부에서도 신약개발과 해외진출 중심의 혁신형 제약기업을 선정·집중 지원함으로써 선진화된 산업생태계로의 전환을 유도하고 있다. 그러나 혁신형 제약기업들이 의약품산업의 성과 창출을 견인하기 위해서는 단기적인 효율성에 집착하기 보다는 장기적인 생산성 제고를 위한 R&D 및 설비 확충 등 기업 자체의 핵심역량을 강화시키는 혁신을 지속해야 할 것이다.

본 연구의 한계와 그에 기초한 후속 연구의 방향을 제안하면 다음과 같다. 첫째, 본 연구는

국내 의약품산업만을 대상으로 하고 있어 후속 연구에서는 OECD 주요 국가들과의 비교분석을 통해 우리나라 의약품산업의 글로벌 경쟁력을 평가하고, 향후 이를 제고할 수 있는 정책적 지원방안을 모색할 필요가 있다. 둘째, 본 연구에서는 자료의 제약으로 의약품산업의 특성을 반영할 수 있는 다양한 변수들을 다루지 못한 한계가 있다. 따라서 향후 연구를 통하여 생산성 변화에 영향을 미치는 요인들에 대한 추가 분석이 이루어진다면 보다 의미 있는 결과를 도출할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 김근령·김기홍(2015), “국내 제약기업의 효율성 및 효율성 결정요인에 대한 연구,” *국제경제연구*, 21(3), 75-100.
2. 김성아(2007), “국내 제약회사의 생산성변화 분석: 2001년-2005년,” *생산성논집*, 21(3), 77-96.
3. 류백현·소순후(2016), “Malmquist 지수를 활용한 국내 ICT산업의 기술적 효율성 및 생산성 변화 요인 분석,” *한국지식정보기술학회논문지*, 11(1), 65-71.
4. 박정석·유인선(2014), “DEA를 활용한 국내 제약기업의 경영효율성 변화에 관한 연구,” *생산성논집*, 28(4), 93-119.
5. 소순후(2011), “비방사적 SBM 모형을 이용한 지역전략산업 기술개발투자의 효율성 분석,” *산업경제연구*, 24(2), 1169-1188.
6. 소순후·고민창(2015), “비방사적 맘퀴스트 지수에 의한 중요소생산성 변화와 결정요인 분석: 전북지역전략산업을 중심으로,” *한국경영공학회지*, 20(1), 11-24.
7. 식품의약품안전처(2016), 2016 식품의약품통계연보 제18호.
8. 안선영·소순후(2014), “광산업의 기술적 효율성과 생산성 변화에 대한 실증분석,” *한국산학기술학회논문지*, 15(7), 4177-4183.
9. 오지환·정기호(2012), “DEA 모형을 이용한 부품소재산업의 효율성 분석,” *경영과 정보연구*, 31(1), 273-292.
10. 유금록(2012), “지방하수도공기업의 생산성 및 기술진보 평가,” *한국행정학보*, 46(1), 157-181.
11. 유금록(2014), “비방사적 맘퀴스트 생산성지수를 이용한 발전공기업의 생산성과 효율성, 기술변화 분석,” *한국정책학회보*, 23(3), 91-124.
12. 이상구(2015), “거시경제요인이 보건 의료산업 주식시장에 미치는 영향에 관한 연구,” *경영과 정보연구*, 34(4), 67-81.
13. 장영재·양동현(2013), “한국과 OECD 국가의 의료서비스산업의 기술효율성 분석,” *경영과 정보연구*, 32(1), 87-109.
14. 정성민·유한주(2011), “국내 제약회사의 효율성 및 생산성 분석,” *생산성논집*, 25(4), 239-265.
15. 조건·박이숙·소순후(2015), “SBM 기반 Malmquist 지수를 이용한 광전자산업의 생산성 변화 분석,” *산업경제연구*, 28(3), 1135-1149.
16. 최문경(2011), “시중은행의 수익성, 생산성, 품질의 측정 및 관계의 분석에 관한 연구,” *한국생산관리학회지*, 22(3), 295-314.
17. 통계청, 2005-2014년 광업·제조업조사보고서.
18. Chiu, Y. H., Y. C. Chen and X. J. Bai(2011), “Efficiency and risk in Taiwan banking: SBM super-DEA estimation,” *Applied Economics*, 43(5), 587-602.
19. Cooper, W. W., L. M. Saiford and K. Tone(2000), *Data Envelopment Analysis: A*

- Comprehensive Text with Models, Applications, References, and DEA-Solver Software, Kluwer Academic Publishers: Boston.
20. Fare, R., S. Grosskopf, M. Norris and Z. Zhang(1994), "Productivity growth, technical change and efficiency change in industrialized countries," *American Economic Review*, 84(1), 66-83.
 21. Gutierrez, E., S. Lozano, B. Adenso-Diaz and P. Gonzalez-Torre(2015), "Efficiency assessment of container operations of shipping agents in Spanish ports," *Maritime Policy & Management*, 42(6), 591-607.
 22. Hashimoto, A. and S. Haneda(2008), "Measuring the change in R&D efficiency of the Japanese pharmaceutical industry," *Research Policy*, 37(10), 1829-1836.
 23. IMS Health(2015a), IMS Health Market Prognosis.
 24. IMS Health(2015b), Global Medicines Use in 2020.
 25. Kumar, S. and R. Gulati(2014), Sources of Productivity Gains in Indian Banking Industry: Is It Efficiency Improvement or Technological Progress?, *Deregulation and Efficiency of Indian Banks*, India Studies in Business and Economics, Springer India, 237-264.
 26. Morfeldt, J. and S. Silveira(2014), "Capturing energy efficiency in European iron and steel production-comparing specific energy consumption and Malmquist productivity index," *Energy Efficiency*, 7(6), 955-972.
 27. Nakata, Y., Y. Watanabe, H. Narimatsu, T. Yoshimura, H. Otake and T. Sawa(2016), "Surgeons' efficiency change is a major determinant of their productivity change," *International Journal of Health Care Quality Assurance*, 29(4), 417-424.
 28. Simar, L. and P. W. Wilson(1999), "Estimating and bootstrapping Malmquist indices," *European Journal of Operational Research*, 115(3), 459-471.
 29. Simar, L. and P. W. Wilson(2000), "Statistical Inference in Nonparametric Frontier Models: The state of the art," *Journal of Productivity Analysis*, 13(1), 49-78.
 30. Song, H. and R. Zhang(2013), "R&D efficiency appraisal of pharmaceutical industry based on DEA-Malmquist," *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 5(11), 195-199.
 31. Tone, K.(2001), "A Slack based Measure of Efficiency in Data Envelopment Analysis," *European Journal of Operational Research*, 130(3), 498-509.
 32. Tone, K.(2002), "A slacks-based measure of super-efficiency in data envelopment analysis," *European Journal of Operational Research*, 143(1), 32-41.
 33. Wang, C. N., N. T. Nguyen and T. T. Tran(2015), "Integrated DEA Models and Grey System Theory to Evaluate Past-to-Future Performance: A Case of Indian Electricity Industry," *The Scientific World Journal*, Volume 2015, Article ID 638710, 1-17.
 34. You, T., XY. Chen and M. E. Holder(2010), "Efficiency and its determinants in pharmaceutical industries: ownership, R&D and scale economy," *Applied Economics*, 42(17), 2217-2241

Abstract

An Analysis of the Productivity Changes of Korean Pharmaceutical Industry Using Bootstrapped Malmquist Index[†]

So, Soon-Hu*

This study estimates the productivity change of pharmaceutical industry and decompose the change into technical efficiency change and technological change to explore ways to improve the productive efficiency. Unlike most previous studies, this study employs the non-radial and non-oriented slacks-based Malmquist productivity index which can deals directly with the input excesses and output shortfalls. In addition a smoothed bootstrap method is applied to estimate statistical confidence intervals for the Malmquist Index and its components. For the empirical analysis a balanced panel data set is constructed covering ten years over the period from 2005 to 2014. The input variables used in this study are number of workers, tangible assets and major production cost. The gross production is selected as a main output variable. The empirical results suggest that the productivity of pharmaceutical industry has decreased due mainly to decline in the technological progress rather than improvements in technical efficiency. An analysis result shows that the scale efficiency outweighs the pure efficiency in determining the technical efficiency of pharmaceutical industry. Therefore, in order to enhance the competitiveness of domestic pharmaceutical industry, it is important to continue supporting policies to promote the technology innovation capability through efficient R&D investment and industry reform strategy.

Key Words: Pharmaceutical industry, Productivity change, Malmquist index, Bootstrap, Confidence interval, Non-oriented, Non-radial model

[†] This paper was supported by Wonkwang University in 2015.

* Associate Professor, Dept. of Business Administration, Wonkwang University, soonhu@wku.ac.kr