

## 국민계정의 이중환가제도와 Bruno항등식, Domar가증치에 대한 소고\*<sup>(1)</sup>

표 학 길

최근 한국 경제는 “일본 경제의 잃어버린 20년 (Two Lost Decades of Japan)”을 반복할 가능성에 대한 우려가 제기되고 있다. 한국은행과 KDI 등 국책 연구기관이 발표한 자료에 따르면, 한국 경제의 잠재성장률은 2%에도 미치지 못하는 수준으로 하락한 것으로 보인다. 표학길, 전현배, 이근희(2024)의 연구에 따르면, 한국 경제의 2001-2010년 기간동안 실제 GDP 성장률은 연평균 4.6%에서 2011-2022년 기간 동안 2.7%로 1.9% 포인트 감소했으며, 같은 기간 GDP 갭 비율은 -5.6%에서 -9.3%로 크게 확대되었다. 이러한 데이터를 바탕으로, 잠재성장률은 실제 성장률보다 낮아 1.6%포인트 하락한 것으로 추정되었다. 이는 한국 경제의 성장률 둔화가 주로 잠재성장률 하락에 기인함을 보여준다. 하지만 GDP 갭이 확대되거나 축소되는 추세가 장기적으로 평균 성장률 하락이나 잠재성장률 하락과 항상 일치하지 않을 수 있음을 시사한다. 따라서 성장률 회복을 위해서는 잠재성장률 증대 정책과 더불어 GDP 갭 축소를 위한 정책을 구분하여 접근할 필요가 있다.

저출산과 고령화가 가속화되는 현재 경제 환경에서는 잠재성장률 회복을 위해 노동생산성과 자본생산성 같은 부분 요소 생산성의 향상뿐만 아니라, 투입 요소 전체의 효율성을 나타내는 총요소생산성(TFP)의 획기적인 개선이 필요하다. 표학길, 전현배, 이근희(2024)의 연구에 따르면, 산업별 총요소생산성은 기술적 비효율성의 영향을 크게 받으며, 제조업과 비제조업 간에 상당한 격차가 존재한다. 특히 기술적 비효율성의 변동 폭이 큰 산업일수록 잠재 GDP 대비 실질 GDP의 비율이 낮아질 가능성이 크다는 점을 지적하고 있다. 또한, 표학길, 이근희(2023) 및 Pyo, Rhee, and Nam(2024)의 연구에서 Fernald(2014)의 분기별 TFP 모형을 한국 경제에 적용한 결과, 실질 GDP 성장률은 2021년 4.21%, 2022년 2.58%, 2023년 1.35%로 3년 연속 하락했다. 잠재 GDP 성장률 역시 2021년 2.43%, 2022년 2.03%, 2023년 1.62%로 감소세를 이어갔다. 이러한 결과는 한국 경제가 지속 가능한 성장을 위해 생산성 향상을 중심으로 한 구조적 개선이 절실함을 시사한다.

보고 한국 경제 성장의 위기를 곧 생산성 위기로 정의하며, 생산성의 기본 개념

\* 본논문은 장은경제연구소의 2024년도 연구지원에 의해 이루어졌다. 연구자원에 감사드린다.

(1) OECD 매뉴얼에 대한 수리적 해석 및 번역 작업을 도와 준 조지메이슨대학교 박재원(jpark261@gmu.edu) 연구조교의 노고에 깊이 감사한다.

과 분석 방법론을 체계적으로 다루고자 한다. 특히 총산출기준 생산성(Gross-output based productivity)과 부가가치기준 생산성(Value-added based productivity)의 차이를 구분하고, 국민계정의 이중환가제도(Double Deflation)와 그 의미를 논의한다. 또한 총산출기준 다요소생산성(Gross-output based Multifactor Productivity)과 부가가치기준 다요소생산성(Value-added based Multifactor Productivity)의 차이점을 명확히 설명한다.

본고는 필자가 APO(Asia Productivity Organization)와 Local Government Productivity Center(이란, 말레이시아, 태국, 베트남, 방글라데시 등)와 공동 주관한 생산성 훈련 과정(Technical Expert Service)에서 사용했던 교재를 정리한 것이다. 또한, 2023년 11월 3일 한국은행 조사통계국이 개최한 *The Bank of Korea Seminar on Double Deflation*에서 발표한 수리적 예제를 기반으로 이중환가제도를 분석하였다. 끝으로, OECD의 *Measuring Productivity OECD Manual 2001*을 참고하여 생산성 연구의 주요 난제인 Bruno 항등식(Bruno Identity)과 Domar 가중치(Domar Weight) 문제를 정리하고자 한다.

주제어: 총산출기준 총요소생산성, 부가가치기준 총요소생산성, 브루노 (Bruno) 항등식, 도마 (Domar)가중치

## 1. 생산성의 정의와 측정의 목적

생산성은 투입 요소 사용의 양적 측정 혹은 산출의 양적 측정을 투입 요소의 양적 측정으로 나눈 값으로 정의된다. 그렇지만 생산성 측정은 여러가지 목적을 가지고 사용된다. 생산성 측정의 목적은 기술의 효율성(Efficiency), 실제 비용의 절약(Real Cost), 생산 과정을 벤치 마크하기 위한 것, 마지막으로 생활 수준 측정하기 위한 것이다.

생산성 연구의 핵심 과제는 산출(Output)을 어떻게 측정하고 투입(Input) 요소들을 어떻게 측정할 것인가 하는 문제로 귀착된다. 최근, 제4차 산업 혁명의 확산으로 무형 자산의 중요성이 대두되고, 특히 AI를 중심으로 급격한 자산 변동이 이루어지고 있다. 원고는 이러한 시점에서 어떻게 산출과 투입을 정확하게 측정하여 생산성 측정 방법을 향상시키는 것에 있다. OECD 생산성 측정 매뉴얼(Measuring Productivity OECD Manual)은 전반적인 측정 단위, 측정 주제별 가이드 라인을 제시하고 있다.

OECD(2001)에 의하면 생산성 측정의 목적은 여러 가지로 구분될 수 있다. 첫째, 생산성 증대는 기술 변화와 밀접한 관련이 있다. 기술은 자원을 경제가 필요로 하는

산출물로 변환하는 현재 알려진 방법으로 정의되며, 이는 청사진이나 과학적 결과, 새로운 조직적 기술과 같은 비물질적 형태로 나타나거나 새로운 자본재 및 중간재 설계와 품질 개선과 같은 물질적 형태로 구현된다. 그러나 생산성 측정과 기술 변화 간의 연관성은 단순하지 않다.

둘째, 효율성 변화를 식별하는 것은 기술 변화를 식별하는 것과 개념적으로 다르다. 공학적 관점에서 완전 효율성이란 주어진 입력량과 현재 기술로 물리적으로 달성 가능한 최대 산출량을 생산하는 상태를 의미한다. 기술 효율성 향상은 이러한 "최고 수준의 실행"으로의 이동, 즉 기술적 및 조직적 비효율성을 제거하는 것을 의미한다. 그러나 모든 기술적 효율성이 경제적으로 타당한 것은 아니며, 이는 이윤 극대화라는 관점에서 설명되는 배분 효율성의 개념을 통해 포착된다. 산업 수준에서 생산성 측정이 이루어질 경우, 효율성 증가는 개별 사업장의 개선에서 비롯되거나, 더 효율적인 사업장으로서의 생산 이동으로 인한 것일 수 있다.

셋째, 생산성 변화는 실제 비용 절감을 식별하는 과정으로 설명될 수 있다. 이론적으로는 효율성 변화, 기술 변화, 규모의 경제를 분리하여 측정할 수 있으나, 실제로는 이는 매우 어렵다. 생산성은 일반적으로 잔차(residual)로 측정되며, 이 잔차에는 앞서 언급된 요인들 뿐 아니라, 설비 가동률의 변화, 학습 효과, 그리고 다양한 측정 오류 등이 포함된다. Harberger(1998)는 생산성 성장이 다양한 요인에서 비롯된다는 점을 강조하며 이를 실제비용절감(real cost savings)으로 명명했다. 따라서 생산성 측정은 생산 과정에서의 실제 비용 절감을 식별하려는 시도로 볼 수 있다.

넷째, 생산 공정을 벤치마킹하는 것은 기업 경제학 분야에서 생산성 비교를 통해 비효율성을 파악하는 데 중요한 역할을 한다. 생산성 측정은 종종 물리적 단위로 표현되며, 예를 들어, 하루당 생산된 자동차 대수나 1인당 운송된 승객-마일 등이 있다. 이러한 측정은 공장 간 비교와 같은 특정한 목적에는 유용하나, 결과로 나온 생산성 지표를 통합하거나 집계하기 어려운 단점이 있다.

마지막으로, 생산성 측정은 생활 수준을 평가하는 데 중요한 역할을 한다. 1인당 소득은 경제에서 흔히 사용되는 생활 수준 지표로, 이는 노동 생산성의 한 측면인 시간당 부가가치와 직접적으로 연관된다. 이러한 측면에서 노동 생산성 측정은 생활 수준 변화의 이해를 돕는다. 또한, 다요소생산성(Multifactor Productivity, MFP)의 장기적인 추세는 경제의 생산 가능성(잠재 생산량)을 평가하는 데 유용하며, 이는 경제 성장 가능성과 인플레이션 압력을 파악하는 데 중요한 지표로 활용된다.

## 2. 주요 형태별 생산성 측정

생산성 측정은 다양한 방식으로 이루어지며, 이는 주로 데이터 가용성 및 생산성 측정의 목적에 따라 구분된다. 전반적으로, 생산성 측정은 산출물과 하나의 입력 요소만을 연관 짓는 단일요소생산성(SFP)과 산출물과 다수의 입력 요소 묶음을 연관 짓는 다요소생산성(MFP)으로 분류될 수 있다. 산업이나 기업 차원에서 특히 중요한 또 다른 구분은, 총 산출물과 하나 이상의 입력을 연관 짓는 생산성 측정 방식과 부가가치 개념을 통해 산출물의 변화를 포착하는 방식 간의 차이이다.

자주 사용되는 주요 생산성 측정 기준은 노동 생산성과 자본 생산성, 그리고 다요소생산성이다. 다요소생산성은 자본-노동 기반의 생산성으로, 부가가치 개념을 사용하거나, 총산출 개념을 사용하는 자본-노동-에너지-원자재(KLEMS) 다요소생산성의 형태로 존재한다. 이 중 부가가치 기반 노동 생산성은 가장 자주 계산되는 생산성 지표이며, 그 뒤를 자본-노동 다요소생산성과 KLEMS MFP가 따른다.

이러한 생산성 측정 방식들은 서로 독립적이지 않으며, 예를 들어, 노동 생산성 성장을 유도하는 여러 요인 중 하나는 MFP 변화율이다. 이러한 생산성 측정 지표들 간의 연관성은 생산 이론을 통해 설명될 수 있다. 생산성 측정을 경제 이론에 근거하여 개념화한 후에는 다양한 방법으로 이를 실증적으로 구현할 수 있다. 넓은 방법론적 관점에서 보면, 모수접근법(Parametric approaches)과 비모수접근법(Non-parametric approaches)으로 나눌 수 있다. 모수접근법에서는 생산 함수의 모수를 추정하기 위해 계량경제학 기법을 적용해 생산성 성장률을 직접 측정하며, 비모수접근법에서는 생산 함수의 특성과 경제 생산 이론의 결과를 바탕으로 실제 지표를 통해 이상적이고 경제적으로 정의된 지수의 근사치를 산출한다. 성장 회계법(Growth accounting)은 비모수접근법을 대표하는 예시로, 생산성 측정에 널리 사용된다.

## 3. 총산출기준 생산성과 부가가치기준 생산성

다요소생산성 측정(Multifactor Productivity Measures)은 생산 과정을 어떻게 반영하는지에 따라 여러 다른 형태로 측정될 수 있다. 그러한 한 가지 측정 방법은 총산출(Gross-output)을 1차 및 중간재 투입 요소(Primary & Intermediate Inputs)와의 관계

로 측정하는 방법으로 총산출기준 생산성(Gross-output based productivity)으로 정의된다. 또 다른 측정 방법은 부가가치(Value-added)를 1차 투입 요소(Primary Inputs)에 연결하는 방법으로 부가가치기준 생산성(Value-added productivity)으로 정의된다. 이들 두 측정 방법 중에서 무엇이 선호되는지에 관해서는 상당히 오랜 기간동안 논쟁이 되어왔다. 이 문제에 대해서 더 깊이 고찰하기 전에 몇 가지 용어를 분명히 하고 국민계정(The System of National Accounts) 책에 연결고리를 보여주는 것이 보다 유용하다고 판단된다.

表 1은 어느 한 경제 단위(한 기업, 산업, 또는 부문)의 단순화된 생산 및 소득 계정을 재생시킨 것이다. 총산출(Gross-output)이란 생산자 단위 내에서 생산되어 단위 외부에서 사용 가능한 상품이나 서비스를 나타내며, 이는 판매 가치와 재고 순증가분을 나타내는 총 측정치(Gross Measure)이지만, 중간 투입(Intermediate Input)의 구매는 포함하지 않는다. 총산출에서 중간 투입물의 구매를 차감하면 부가가치 측정치가 된다.

이러한 의미에서 부가가치는 순 측정치(Net Measure)로 정의될 수 있다. 고정자본(Fixed Capital)의 감가상각(Depreciation)이나 고정자본소모(Consumption of Fixed Capital)를 포함할 때, 완전한 순 측정치로 간주 되지는 않을 수 있다. 그러나 이 매뉴얼 전반에서 부가가치와 총산출은 고정자본소모를 포함하는 것으로 이해된다.

소득 측면에서 부가가치는 노동과 자본이라는 1차 생산 요소에 의해 창출된 소득에 생산에 대한 순세금(Net Taxes)을 더한 값과 일치한다. 1차 생산물은 생산 분석 틀에서 외생적(Exogenous) 요소로 간주되는 생산 요소이며, 이 매뉴얼의 기초가 되는 정적 분석 틀(Static Framework)에서 1차 투입 요소는 자본과 노동으로 구성된다. 동적 분석 틀(Dynamic Framework)에서는 자본이 내생적(Endogenous) 생산 요소가 되지만, 이 경우에 대한 논의는 본 매뉴얼의 범위를 벗어난다. 중간 투입은 현재의 분석 틀에서 내생적 생산 요소로, 회계 기간 내에 생산되고 생산 과정에서 변형되거나 소모되는 상품과 서비스를 의미한다.

#### 4. 총산출기준 생산성과 부가가치기준 생산성의 관계: Bruno 항등식

생산성 측정을 위한 접근 방식의 차이를 논의하기 위해 생산 함수를 참조하는 것이 유용하다. 생산 투입물에 의해 생산될 수 있는 최대 총산출( $Q$ )의 양과 1차 투입물

( $X$ ), 즉 노동과 자본, 그리고 중간 투입물( $M$ )을 연결한다. 함수에는 비구체적 기술 변화(disembodied technological shifts)를 포착하는  $A(t)$ 라는 매개변수도 포함한다. 비구체적 기술 변화는 연구개발을 통한 생산 공정 개선의 결과일 수 있으며, 학습에 의한 경험 축적이나 모방의 결과일 수도 있다. 특정 생산 요소에 물리적으로 결합되어 있지 않기 때문에 "비구체적"이라 불리며, 투입물에 비례하여 영향을 미친다. 이러한 형태의 기술 변화는 "히스 중립적(Hicks-neutral)"이라고도 하며, 주어진 1차 및 중간 투입물 수준으로 생산 가능한 최대 산출을 높일 때 "산출 증대적(output augmenting)"이라고 한다. 이 가정 하에, 생산 함수는 다음과 같이 표현될 수 있다:

$$(1) \quad Q = H(A, X, M) = A(t) \cdot F(X, M)$$

식 (1)에서  $A(t)$ 라는 기술 수준은 산출( $Q$ )을 1차 및 중간 투입물의 결합 ( $F(X, M)$ )으로 나눈 비율로 표현될 수 있다:  $A(t) = \frac{Q}{F(X, M)}$ . 변화율 측면에서, 다요소생산성(MFP) 성장이 양수(+)일 때는 총산출의 변화율이 모든 결합된 투입물의 변화율을 초과할 때이다. 즉, 기술 변화의 유효한 측정치는 생산 함수가 시간에 따라 변화하는 비율,  $\frac{\partial \ln H}{\partial t}$ 이다. 기술이 히스 중립적일 때, 이 변화율은 기술 매개변수의 변화율과 동일하다:  $\frac{\partial \ln H}{\partial t} = \frac{\partial \ln A}{\partial t}$ .

기술 매개변수는 직접 관찰할 수 없기에, 다요소생산성(MFP) 성장은 산출의 Divisia 지수와 투입물의 Divisia 지수 성장률의 차이로 도출되며, 아래와 같이 나타낼 수 있다. 투입물의 Divisia 지수는 1차 및 중간 투입물의 로그 변화율(Logarithmic rates of change)로 구성되며, 이는 각 투입물의 전체 투입 비용에서의 비율로 가중치( $S_X, S_M$ )를 둔다:

$$(2) \quad \% \text{change of gross-output based MFP} = \frac{\partial \ln H}{\partial t} = \frac{\partial \ln A}{\partial t} = \frac{d \ln Q}{dt} - S_X \frac{d \ln X}{dt} - S_M \frac{d \ln M}{dt}$$

대안적으로, 부가가치 함수를 정의할 수 있다. 부가가치 함수는 일정한 1차 투입물과 중간 투입물 및 산출물 가격이 주어졌을 때 생산할 수 있는 최대 현재 가격의 부가가치를 나타낸다. 이러한 부가가치 함수는 생산 함수로 설명되는 기술의 동등한("이중") 표현이다. 부가가치 함수를 다음과 같이 정의하자:  $G = G(A(t), X, P_M, P)$ . 부가가치 함수는 중간 투입물 가격  $P_M$  및 총산출 가격  $P$ 에 의존한다는 것은 생산자

들이 상대 가격 변화에 따라 중간 투입물의 수준을 조정한다는 것을 나타낸다. 생산 함수의 기술 변화 측정치가 시간이 지남에 따라 그 함수의 변화로 정의된 것처럼, 생산성 변화는 부가가치 함수의 변화, 즉 기술 변화와 관련된 부가가치의 상대 증가로 정의될 수 있다. 생산 함수에 대한 이전 설명과 평행하게, 이것은 로 공식화할 수 있다. 다시 말해, 이 변화는 직접 관찰할 수 없지만, 부가가치의 Divisia 볼륨 지수 (부가가치, VA)의 성장률과 1차 투입물의 Divisia 지수 성장률의 차이와 일치함을 보여줄 수 있다:

$$(3) \quad \% \text{change of value-added based MFP} = \frac{\partial \ln G}{\partial t} = \frac{d \ln VA}{dt} - \frac{d \ln X}{dt}$$

이는 부가가치를 기반으로 한 다요소생산성(MFP) 측정의 일반적인 방법이다. 총산출과 부가가치 생산성 측정 간에는 직접적인 관계가 있다는 사실이 밝혀졌다 (Bruno, 1978). 구체적으로, 부가가치를 기반으로 한 다요소생산성의 변화율은 총산출기준 다요소생산성의 변화율에 부가가치가 총산출에서 차지하는 명목 부가가치 비율  $\left(\frac{G}{P \cdot Q}\right)$ 의 역수로 곱한 값과 같다:

$$(4) \quad \frac{\partial \ln G}{\partial t} = \frac{1}{S_{VA}} \cdot \frac{\partial \ln A}{\partial t} \quad \text{with } S_{VA} = \frac{G}{P \cdot Q}$$

### 5. 부가가치 디플레이션: 이중환가제도

총산출의 디플레이션은 개념적으로 간단하다. 산출의 명목 가치를 나타내는 지수를 산출 가격 지수로 나누면 총산출의 (간접)물량 또는 수량 지수를 얻을 수 있다. 그러나 산출 측정이 부가가치 기준일 때의 환가제도는 다소 복잡해지는 경향이 있다. 생산 이론은 일관되게 정의된 부가가치의 가격 및 수량 지수를 도출하는 방향으로 나아간다. 구체적으로, 부가가치의 물량 변화는 총산출의 물량 변화  $\left(\frac{\partial \ln Q}{\partial t}\right)$ 와 중간 투입의 물량 변화  $\left(\frac{\partial \ln M}{\partial t}\right)$ 의 평균으로 정의될 수 있다. 중간 투입의 물량 변화는 총산출에서 중간

투입의 비율로 가중치  $\left(\frac{P_M M}{PQ}\right)$ 가 부여되며, 전체 표현식은 총산출에서 부가가치의 비율  $\left(\frac{PQ}{P_M M}\right)$ 을 역으로 곱하여 계산된다. 다음 식은 아래와 같이 표현될 수 있다:

$$(5) \quad \frac{d \ln VA}{dt} = \frac{PQ}{P_M VA} \left( \frac{d \ln Q}{dt} - \frac{P_M M}{PQ} \frac{d \ln M}{dt} \right)$$

부가가치의 물량 변화는 총산출과 중간 투입의 물량 변화를 결합하므로 일반적 형태의 이중환가식(general-form of double deflation)이 구성한다. 그러나 Divisia 지수를 운영 측정으로 전환하기 위해서는 이를 실증적으로 근사해야 한다. 한 가지 절차는 좀 더 좁은 의미에서의 이중환가식으로, 이 경우 부가가치의 물량 측정은 일정 가격의 중간 투입 가치를 일정 가격의 총산출 가치에서 벗겨 내는 방식(subtracting)으로 얻어진다. 이는 고정 가중치 Laspeyres 수량 지수에 의한 Divisia 지수의 근사에 해당한다. 이 경우, 표현식 (5)는 모든 변수가 특정 기준 연도의 가격으로 표현되는 식 (6)과 같이 측정된다:

$$(6) \quad \frac{\Delta VA_t}{VA_{t-1}} = \frac{Q_{t-1}}{VA_{t-1}} \left( \frac{\Delta Q_t}{Q_{t-1}} - \frac{M_{t-1}}{Q_{t-1}} \frac{\Delta M_t}{M_{t-1}} \right)$$

이 형태의 이중환가식은 일정 가격의 중간 투입 가치를 일정 가격의 총산출 가치 ( $VA_t = Q_t - M_t$ )에서 벗겨낼 수 있어야 하며 (peel off) - 이는 Laspeyres 수량 지수(또는 Paasche 가격 지수)로만 가능하다. 앞서 언급했듯이, 고정 가중치 Laspeyres 수량 지수를 사용하는 것은 여러 문제를 발생시키며, 기본 생산 기술에 대한 제약적인 가정을 내포하고 있으나, Divisia 수량 지수의 실증적 근사가 Tornqvist 지수와 같은 초월적 지수를 기반으로 할 경우 상황이 달라진다.

또 다른 문제는 Laspeyres 수량 지수를 사용할 때 이중 디플레이션이 작동하는 경우 가끔 부정적인 부가가치 수치가 발생한다는 점이다. 일정 가격의 중간 투입 가치를 일정 가격의 총산출에서 빼는 과정이 반드시 양수를 산출할 것이라는 보장은 없다. SNA 93은 상대 가격이 변화할 때 부정적인 실제 부가가치가 발생할 수 있다고 언급하며, “한 세트의 가격에서는 효율적인 생산 과정이 다른 세트의 상대 가격에서는 효율적이지 않을 수 있다. 가격 세트가 매우 다를 경우, 이 과정의 비효율성은 부

정적인 부가가치라는 매우 뚜렷한 형태로 나타날 수 있다”고 설명했다. 이러한 통찰에도 불구하고, 이러한 데이터는 생산성 측정 맥락에서 해석하고 사용하는 것이 어렵다. 이러한 상황에서는 “초월적” 지수를 기반으로 한 방법과 같은 다른 회계 방법을 사용하여 부가가치와 같은 집합체를 추정해야 한다.

이중환가제도와 관련된 세 번째 문제는 부가가치의 성장률이 총산출 또는 중간 투입의 변화율에 대해 민감하다는 점이다. 특히 중간 투입의 총 산출에서 차지하는 비율이 클 경우 더욱 그렇다. 부가가치의 총산출에서 차지하는 비율  $\left(\frac{P_{VA}VA}{PQ}\right)$ 이 작을수록 이 표현의 역수는 매우 커지며, 이는 총산출과 중간 투입의 변화율이 소폭만 변동하더라도 디스플레이된 부가가치의 변화율에 상당한 변화를 초래할 수 있다. 예를 들어, 총 산출이 2% 증가하고 중간 투입이 1% 증가할 경우, 부가가치의 초기 비율이 총 산출의 10%라면 부가가치는 11% 증가한다. 반면, 부가가치의 총 산출 비율이 15%인 경우 부가가치는 7.7% 증가하며, 부가가치의 비율이 7%인 경우 부가가치 성장률은 15%를 넘게 된다. 소규모 부가가치 비율의 발생 가능성은 산업 세부 사항의 수준이 높아짐에 따라 증가하며, 경제의 집계 수준에서는 사라진다.

단일환가제도 방법은 현재 가격 기준의 부가가치를 단일 가격 지수를 사용하여 디스플레이되는 방식을 의미한다. 단일 환가제도에 사용되는 가격 지수는 총 산출 가격 지수, 소비자 물가 지수 또는 그 관련 구성 요소일 수 있다. 이중 디스플레이와 단일 디스플레이된 부가가치 간의 차이가 커질수록 총산출에서 중간 투입의 비율은 더 불안정해진다는 것을 보여주는 것은 어렵지 않다. 일반적으로 단일환가제도는 이중 환가제도에 비해 열등한 대안이 되며, 특히 후자가 체인형 또는 초월 지수 수식 (superlative index number formula)을 사용할 때 더욱 그렇다.

이중환가제도의 적용사례(numerical example) 다음에 설명할 Domar 가중치의 개념과 같이 설명하도록 한다.

## 6. 산업 간 생산성 성장의 집계: Domar 가중치

생산성 측정의 맥락에서, 집계는 산업 수준 또는 기업 수준 생산성 측정치와 거시경제적 수준의 생산성 측정치 간의 관계를 의미한다. 일관된 집계는, 예시로 개별 산업이 전체 생산성 성장에 기여하는 정도에 대한 질문에 답하는 데 필수적이다.

예를 들어, 두 개의 기업이 있다고 가정해보자. 1번 기업(가죽 공장)이 2번 기업(신발 생산자)만을 위한 중간 투입재를 생산하며, 2번 기업은 최종 산출만 생산한다. 산출물과 투입물의 흐름을 단순히 집계하는 것은 가능하지만, 신발 및 가죽 산업 전체의 산출 및 투입을 정확히 측정하기 위한 적절한 절차는 아니다. 이는 가죽과 신발 생산자 간의 중간 흐름으로 인해 산출물과 투입물이 이중 계산되기 때문이다. 집계 과정에서 이러한 흐름이 차감된다.

수직 집계 과정은 생산성 측정에 중요한 영향을 미친다. 위와 같은 예시로, 1번 기업과 2번 기업의 총요소생산성 성장률이 각각 1%일 경우, 두 기업의 평균 성장률은 평균 1%이다. 그러나 집계된 두 기업의 생산성 성장은 1% 이상일 것이다. 이는 2번 기업이 1번 기업으로부터 중간재를 구매함에 따라 두 산업의 생산성 향상이 서로 합쳐지기 때문이다.

해당 집합적 생산성 측정치와 산업별 생산성 측정치의 관계는 Domar(1961)와 Hulten(1978)에 의해 연구되었다. Domar은 경제 전체의 총요소생산성 변화를 각 산업의 총요소생산성 성장률의 가중 합으로 표현할 수 있다고 보여주었다. 여기서 가중

〈表 1〉 수리적 예제I: 개별 및 집계 산업 데이터

	개별 산업		집계 산업			개별 산업		집계 산업		가격 지수
	1	2	1	2	1&2	최종 소비	총산출	최종 소비	총산출	
$t_0$	산업 (상품)									
산업 (상품)	1	2	1	2	1&2					
1	0	10	0	0		5	15	5	5	1.00
2	2	0				14	16	14	14	1.00
부가가치	13	6			19	19		19		
노동 소득	10	4			14					1.00
자본 소득	3	2			5					1.00
총산출	15	16			19		31		19	
$t_1$	산업 (상품)									
산업 (상품)	1	2	1	2						
1	0	11	0	0		4	15	4	4	1.01
2	3	0	0	0		12	15	12	12	0.98
부가가치	12	4			16	16		16		
노동 소득	10	3			13					1.02
자본 소득	2	1			3					1.03
총산출	15	15			16		30		16	

치는 각 산업의 총산출과 부가가치 비율로 계산된다. 이 비율은 항상 1이상이며, 중간재 투입이 있을 경우, 전체 경제의 생산성 성장은 각 산업의 생산성 성장률의 가중 평균을 초과하게 된다. 이는 “Domar 가중치(Domar weight)”가 개별 산업 내 생산성 성장의 집계 효과와 더 효율적으로 생산된 중간재를 통해 이익을 보는 하청 산업들의 유도된 효과를 반영한다는 것을 의미한다.

첫 번째 단계에서 현재 가격의 총산출 흐름의 변화를 기반으로 각 산업의 총산출과 중간재 투입물에 대한 양 지수를 계산한다. 이후 총산출 양 지수를 1차 투입 요소와 중간 요소 투입의 기하학적 평균으로 나누어 각 산업의 KLEMS 다요소생산성 지수를 계산한다. 예제에서 산업1의 생산성 성장은 0.4%, 산업 2는 3.5%이다. 세 번째 단계로 Domar 가중치는 각 산업의 총산출과 경제 전체 부가가치의 비율로 계산된다.

〈表 2〉 수리적 예제III: 다요소생산성(MFP) 계산

개별 산업	집계된 산업 (1&2)			
	산출			
	산업1	산업2	최종 수요 비율 (평균값)	
총산출의 간접 양 지수	0.990	0.957	상품1	0.26
중간재 투입물의 간접 양 지수	1.531	1.089	상품2	0.74
			간접수량지수	
			상품 1	0.792
			상품 2	0.875
			최종 수요의Tornqvist주 입력 지수	0.853
	1차 투입 요소의 간접 양 지수			
노동	0.980	0.735	노동	0.910
자본	0.647	0.485	자본	0.583
1차 투입 요소의 Tornqvist 양 지수	0.903	0.651	1차 투입 요소의 Tornqvist 양 지수	0.823
	현재 가격 부가가치 비율 (평균값)			
노동	0.80	0.71	노동	0.77
자본	0.20	0.29	자본	0.23
	현재 가격 총산출 비율 (평균값)			
부가가치	0.83	0.32	부가가치	1.00
중간 투입 요소	0.17	0.68	중간 투입 요소	0.00
	Tornqvist 다요소생산성 지수			
산업별, 총산출 기준	1.004	1.036		
Domar 가중치	0.86	0.89		
총체적 경제		1.036	집계된 산업	1.036

이 가중치의 합은 1을 초과하며, 각 산업의 중요소생산성 지수에 이를 적용하여 총체적 경제 중요소생산성 지수를 구할 수 있다. 이 결과는 집계된 산업의 다요소생산성과 동일하다.

부가가치기준 다요소생산성 계산은 <表 3>에서 나타난다. 이 방법은 중간재 투입을 처리하는 다른 접근 방식이며, 부가가치 지수를 계산하는 과정에서, 중간재 투입물의 가격 변화를 제외하고, 각 산업의 생산성 성장에 대한 기여도를 평가하는데 유용하다.

부가가치기준 다요소생산성은 다음과 같은 절차로 계산된다. 먼저 부가가치 가격 지수의 계산이 필요하다. 이는 총산출물의 가격 변화에서 중간재 투입물의 가격 변화를 빼고, 중간재와 부가가치의 비율을 고려하여 가중 평균을 계산한다. 이후 부가가치 가격 지수를 사용하여 부가가치의 양 지수를 구한다. 이는 가격 지수를 제외하고, 실제 양의 변화를 나타낸다. 마지막으로, 부가가치 양 지수를 1차 투입 요소(노동과 자본)의 양 지수로 나누어 부가가치기준 다요소생산성 지수를 계산한다.

<表 3> 수리적 예제III: 부가가치기준 다요소생산성 계산

	산업	
	1	2
총산출 가격 지수	1.010	0.980
중간 투입 요소 가격 지수	0.980	1.010
총산출에서 부가가치 비율		
$t_0$	0.87	0.38
$t_1$	0.80	0.27
평균값	0.83	0.32
부가가치의 Tornqvist 가격 지수	1.016	0.917
부가가치의 가치 지수	0.923	0.667
환가된 부가가치의 Tornqvist 지수	0.908	0.727
1차 투입 요소의 Tornqvist 양 지수	0.903	0.651
부가가치기준 Tornqvist 생산성 지수	1.006	1.116
부가가치기준 Tornqvist 생산성 지수: 변화율	0.6%	11.0%
총산출기준 Tornqvist 생산성 지수	1.005	1.036
총산출기준 Tornqvist 생산성 지수: 변화율	0.52%	3.53%

앞서 언급한 대로, 부가가치기준 다요소생산성 성장률과 총산출기준 다요소생산성 성장률은 서로 연결된다. 이 두 성장률은 각 산업의 총산출과 부가가치의 비율에 따라 달라지며, 예제에 적용하면 산업1의 부가가치 대비 총산출 비율은 0.83이며, 산업2는 0.32이다.

이 비율을 사용하여 부가가치기준 다요소생산성 성장률을 총산출기준 생산성 성장률로 변환할 수 있다. 예제III에서, 산업1의 총산출기준 MFP 성장률은 0.52%, 산업2는 3.5%이다. 이 두 성장률은 부가가치기준 MFP 지수에서 직접 계산된 값으로, 총산출 기준 MFP 지수와 아주 유사하다. 이 두 결과가 유사성을 띠는 이유는, 연속적인 Divisia 지수를 이산적인 Tornqvist 지수로 근사할 때 발생하는 작은 오차 때문이다.

표학길

서울대학교 경제학부 명예교수

151-746 서울 관악구 관악로 1

전화:02-8806380 010-28123179

Email:hakkpyo@gmail.com

## 부록A: 브루노항등식의 유도(Bruno Identity Derivation)

(Step 1)

$$(a) \quad \frac{\partial \ln Q}{\partial t} = s_{VA} \frac{d \ln VA}{dt} + s_M \frac{d \ln M}{dt}$$

이 수식에서  $Q = VA^{s_{VA}} \cdot M^{s_M}$  이며,  $s_{VA} = \frac{P_{VA} \cdot VA}{P \cdot Q}$ ,  $s_M = \frac{P_M \cdot M}{P \cdot Q}$  이다.

(Step 2)

$$(b) \text{ 총산출기준 다요소생산성 \%변화율} = \frac{\partial \ln A}{\partial t} = \frac{d \ln Q}{dt} - s_X \frac{d \ln X}{dt} + s_M \frac{d \ln M}{dt}$$

여기서  $Q = A \cdot X^{s_X} \cdot M^{s_M}$ ,  $s_X = \frac{P_X \cdot X}{P \cdot Q}$  이다.

(Step 3)

$$(c) \text{ 부가가치기준 다요소생산성 \%변화율} = \frac{\partial \ln G}{\partial t} = \frac{d \ln VA}{dt} - \frac{d \ln X}{dt}$$

여기서  $G = P_{VA} \cdot VA$  이다.

(Step 4)

$P \cdot Q = P_{VA} \cdot VA + P_M \cdot M$  에서  $P \cdot Q = P_X \cdot X + P_M \cdot M$  까지,  $P_{VA} \cdot VA = P_X \cdot X$  가 도출된다.

양변을  $P \cdot Q$ 로 나누게 되면,

$$(d) \quad s_{VA} = s_X$$

가 된다.

(Step 5)

(a)를 (b)로 대입하여, (c)와 (d)에 재정리하면,

$$\begin{aligned} \frac{\partial \ln A}{\partial t} &= s_{VA} \frac{d \ln VA}{dt} + s_M \frac{d \ln M}{dt} - s_X \frac{d \ln X}{dt} - s_M \frac{d \ln M}{dt} \\ &= s_{VA} \frac{d \ln VA}{dt} - s_X \frac{d \ln X}{dt} \\ &= s_{VA} \left( \frac{d \ln VA}{dt} - \frac{d \ln X}{dt} \right) \\ &= s_{VA} \frac{\partial \ln G}{\partial t} \end{aligned}$$

(Step 6)

최종 브루노 유도 공식은 다음과 같다:

$$\frac{\partial \ln G}{\partial t} = \frac{1}{s_{VA}} \cdot \frac{d \ln A}{dt}$$

여기서  $s_{VA} = \frac{G}{P \cdot Q}$  이다.

### 부록 B: 부가가치의 가격 지수 불연속(Discrete) 함수

8페이지의 수식 (5)를 다시 불러오면:

$$\frac{d \ln P_{VA}}{dt} = \frac{PQP_{VA}}{P_{VA}VA} \left( \frac{d \ln Q}{dt} - \frac{P_M M}{PQ} \frac{d \ln M}{dt} \right)$$

해당 수식의 불연속 함수로 다음과 같이 표현이 가능하다:

$$\frac{\Delta P_{VA,t}}{P_{VA,t-1}} = \frac{1}{s_{VA}} \left( \frac{\Delta P_t}{P_{t-1}} - (1 - s_{VA}) \frac{\Delta P_{M,t}}{P_{M,t-1}} \right)$$

이때, 부가가치의 가격 지수는  $= \frac{\Delta P_{VA,t}}{P_{VA,t-1}} + 1$

## 참고문헌

- Domar, E.(1961): “On the Measurement of Technological Change,” *Economic Journal*, **71**, **284**, 709-729.
- Fernald, J.(2014): “A quarterly utilization-adjusted series on total factor productivity,” *Federal Reserve Bank of San Francisco*.
- Harberger, A. C.(1998): “A vision of the growth process,” *The American Economic Review*, **88**, **1**, 1-32.
- Hulten, C. R.(1978): “Growth accounting with intermediate inputs,” *The Review of Economic Studies*, **45**, **3**, 511-518.
- OECD(2001): *Measuring Productivity - OECD Manual: Measurement of Aggregate and Industry-level Productivity Growth*, OECD Publishing, Paris.
- Pyo, H. K., Rhee, K. H., and Nam, C.(2024): “The Estimation of Quarterly Potential GDP using Industry-level Quarterly Total Factor Productivity Estimates in Korea,” Paper presented at RIETI Study Group Seminar, Tokyo, November 28, 2024.
- 표학길, 전현배, 이근희(2024): “산업별 확률적 변경생산모형을 이용한 한국경제의 잠재 GDP 추계,” 『한국경제학회』, **17**, **3**, 23-52.
- 표학길, 이근희(2023): “한국의 산업별 생산성 모형을 이용한 분기별 잠재성장률의 추계,” 『한국생산성본부』.

**Abstract**

## A Note on Double-deflation in National Accounts, Bruno Identity and Domar Weights

Hak kil Pyo

This paper considers two contesting but frequently used concepts in Multi-factor Productivity(MFP) Analysis: Gross Output-based MFP and Value-Added-based MFP. The paper revisits the Bruno identity which links Gross Output-based MFP to Value-added-based MFP. The paper demonstrates the double-deflation of value-added is the result of gross output prices being “peeled off” by intermediate prices. Finally the paper revisits Domar weight concept that both the shoe and leather producers’ MFP will be 1 %. However, productivity growth of the integrated shoe and leather industry will be more than 1%. Numerical example 25 in OECD Manual demonstrates this : Two industries’ Domar Weights (0.86 and 0.89) sum to over 1.

**Keywords:** Gross Output-based MFP, Value-Added-based MFP, Bruno identity, Domar weights