

부문 분리된 산업연관표 추계방법

정기호*

요약 : 본 연구는 에너지 및 환경경제학에서 기초 데이터로 많이 활용되는 산업연관표에서 특정 부문이 하부 부문들로 분리되는 경우 새로운 산업연관표를 추계하는 과정을 제시하였다. 보편적으로 산업연관표 추계에 이용되는 RAS 방법은 새로운 산업연관표의 부문별 생산액, 중간투입액, 중간수요계의 정보를 반드시 필요로 하지만, 많은 경우에 부문별 중간수요계 정보를 확보하기 어렵다는 문제가 있다. 본 연구는 특정 부문이 하부 부문들로 분리되는 상황에서 부문별 중간수요계 정보를 사용하지 않고도 새로운 산업연관표를 추계할 수 있는 과정을 제시하였다. 핵심 아이디어는 분리 후 산업연관표의 많은 원소들의 값이 분리 전 산업연관표의 원소들 값과 같다는 점과 분리 후 부문들의 원소 합이 분리 전 부문의 원소 값과 같다는 점이다. 중간수요계 정보 대신에 이들 정보를 이용해서 부문 분리 후의 산업연관표에 대한 중간거래행렬이나 투입계수행렬을 추계하는 과정을 제시하였다. 소규모 시뮬레이션 결과, 본 연구가 제시한 과정은 투입계수행렬의 경우 평균 약 11.23%의 추정 오차를 가지며 이것은 중간수요계 정보를 활용하는 RAS의 11.30%의 평균 추정 오차보다 작은 것으로 나타났다. 그러나 여러 선행연구들에서 추가 정보를 활용하는 것이 활용하지 않는 것보다 추정 성과를 항상 향상시키지 않는 것으로 나타났기 때문에, 본 연구의 방법을 현실에 적용하기 위해서는 다양한 시뮬레이션 연구가 필요하다고 판단된다.

주제어 : 부문 분리, 산업연관표 추계, 시뮬레이션, MRAS, RAS, TRAS

JEL 분류 : B4, C4

접수일(2022년 11월 21일), 수정일(2022년 12월 13일), 게재확정일(2022년 12월 16일)

* 경북대학교 경제학과 교수, 교신저자(e-mail: khjeong@knu.ac.kr)

A Method for Estimating Input-output Tables with Disaggregated Sector

Kiho Jeong*

ABSTRACT : In case of a specific sector being divided into sub-sectors, this study presents a process for estimating an input-output table, which is frequently used as basic data in fields of energy and environment economics. RAS method, which is universally used for this case, requires information on production, intermediate input sum, and intermediate demand sum for each sector in the new table. But in many cases, it is difficult to secure information on intermediate demand sum by sector. This study suggests a process for estimating a new input-output table without using information of intermediate demand sum in the case of sector separation, under the assumption that information of production value and intermediate input sum by sector are available. The key idea is that the values of many elements in the input-output table after disaggregation are the same as those in the table before disaggregation and that the sum of the elements after disaggregation, equals the values of the elements before disaggregation. The process of estimating the intermediate transaction matrix or the input coefficient matrix is presented by using these information instead of intermediate demand sum information. A small-scale simulation shows that the average error rate of the process proposed in this study is about 11.23% in estimating input coefficients, which is smaller than the 11.30% estimation error of RAS using the information of intermediate demand sum. However, since it is known in the literature that using additional information does not always improve estimation performance compared to not using it, additional research on various simulations is needed to apply the method of this study to reality.

Keywords : Sector disaggregation, Estimating input-output table, Simulation, MRAS, RAS, TRAS

Received: November 21, 2022, Revised: December 13, 2022, Accepted: December 16, 2022.

* Professor, Department of Economics, Kyungpook National University, Corresponding author (e-mail: khjeong@knu.ac.kr)

1. 서론

에너지경제 및 환경경제학 분야에서 외부여건 변화의 파급효과 분석에 가장 많이 활용되는 모형은 산업연관모형과 CGE모형이며 최근 IAEA에서 이들 두 모형의 중간 유형으로서 개발된 EMPOWER이 있다(IAEA, 2021). 이들 모형들은 모두 기초 자료로서 산업연관표를 이용한다는 점에서 공통점을 갖는다. 이것은 산업연관표가 경제부문 간의 재화와 서비스의 흐름이 비교적 안정적이라는 점을 활용하여 복잡한 산업 간의 상호연관관계를 행렬로 간편하게 나타내주기 때문이다.

산업연관표는 부문 분류의 수준을 달리해서 작성되며, 우리나라는 가장 상세한 부문 분류인 기본부문부터 시작해서 소분류, 중분류, 대분류 순서로 부문들이 통합된 산업연관표가 제공된다. 2015년 기준의 경우 기본부문은 381개 부문, 소분류 165개 부문, 중분류 83개 부문, 대분류 33개 부문으로 분류된다.

에너지 및 환경의 외부여건 변화에 대한 경제적 파급효과를 분석할 때 종종 가장 상세한 부문 분류 수준에서 기 발표된 산업연관표의 부문을 하부 부문들로 분리할 필요가 생긴다. 예를 들면 기본부문의 화력발전을 석탄발전과 석유발전으로 분리하거나 지역 산업연관표에서 특정 지자체를 하부 행정단위로 분리하는 것을 들 수 있다. 기존 분류에 있는 부문들을 통합하는 것은 산업연관표의 행렬에서 행과 열들을 통합하는 비교적 단순한 작업이다. 그러나 부문을 분할해서 하부 부문으로 분리하는 것은 새로운 산업연관표를 추계하는 것으로서 상대적으로 과정이 복잡하며 분리되는 하부 부문들에 대한 많은 정보가 요구된다. 본 연구의 목표는 이용가능하지 않은 정보에 대한 추정 과정을 피하고 이용가능한 정보를 최대한 이용하여 부문 분리의 새로운 산업연관표를 추계하는 과정을 제시하고 시뮬레이션을 통해서 제시된 과정의 추정 성과를 평가하는 것이다.

기존 산업연관표에 기초해서 새로운 산업연관표를 추계하는 데 보편적으로 이용되는 것은 RAS 방법이다. RAS는 기존 산업연관표의 중간거래 행렬을 벤치마크로 사용하고 추계 대상이 되는 새로운 산업연관표에 대한 정보를 이용하여 행방향과 열방향으로 비례적으로 조정해나가는 방법이다(Bacharach, 1970). 이때 새로운 산업연관표에 대해서 중간거래 행렬의 열합인 부문별 중간투입계와 행합인 부문별 중간수요계 그리고 부문별 생산액의 데이터가 있어야 한다. 그러나 많은 경우에 새로운 산업연관표에 대한 부문별

중간수요계 데이터를 확보하기가 쉽지 않다. 지역산업연관표의 특정 지자체를 하부 행정단위로 분리하는 경우를 든다면, 지자체로부터 하부 행정단위에 대한 부문별 생산액, 중간투입, 부가가치의 데이터를 제공받을 수 있지만 부문별 중간수요의 데이터를 확보할 수 없다. 이 경우에 기존 산업연관표의 부문별 중간투입과 부가가치를 설명변수로 하고 중간수요를 종속변수로 하는 회귀함수를 추정한 다음에 추정된 회귀함수에 새로운 산업연관표의 값을 입력해서 중간수요를 추정하는 방법을 고려할 수 있지만(Jeong and Lee, 2016), 추정된 회귀함수의 모형설명력이 높은 편은 아니어서 추계의 오류를 증가시킬 수 있다.

본 연구는 RAS의 적용 과정에서 상대적으로 확보하기 쉬운 생산액과 중간투입계의 정보를 이용하는 부분은 유지하되 확보하기 어려운 중간수요계의 정보를 이용하는 부분을 제거하고 대신에 확보가능한 다른 정보를 이용하는 방법으로 대체해서 부문 분리의 새로운 산업연관표를 추정하는 과정을 제시한다. 제시되는 과정의 핵심 아이디어는 부문 분리 이전의 산업연관표 중간거래행렬이나 투입계수행렬의 많은 원소들이 부문 분리 이후의 산업연관표에서도 여전히 같은 값을 갖고 있고 또한 분리된 부문들의 원소 합계가 분리 이전 부문의 원소와 같다는 정보를 활용하는 것이다. 본 연구는 부문 분리 이후의 원소와 이전의 원소가 같다는 정보의 활용에는 기존의 MRAS(Modified RAS) (Miller and Blair, 2009)에서 행 방향의 조정과정을 생략하고, 부문 분리 이후의 원소들의 합이 부문 분리 이전의 원소의 값과 같다는 정보의 활용에는 TRAS(Two-Stage RAS) (Gilchrist and Louis, 1999, 2004) 방법을 역시 행 방향 조정과정을 생략하도록 변형함으로써 중간수요계의 정보를 이용하지 않아도 부문 분리의 새로운 산업연관표를 추계하는 과정을 제시하며 시뮬레이션을 통해서 제시된 추계 과정의 추계 오류를 평가한다.

이후 연구의 구성은 다음과 같다. II절에서는 RAS, MRAS, TRAS의 방법을 소개한다. III절에서는 MRAS와 TRAS를 적용하는 본 연구의 추계 과정을 소개하고 시뮬레이션을 통해 가상적으로 생성된 자료를 이용해서 추계 성과를 평가한다. 마지막으로 IV절에서 결론을 제시한다.

II. RAS, MRAS, TRAS

1. RAS

RAS방법은 Stone(1961)에 의해 개발되었으며 이미 알려져 있는 기존의 산업연관표가 주어지고 추정하고자 하는 새로운 산업연관표의 행합 및 열합의 정보가 알려져 있을 때 기존의 산업연관표의 각 원소를 조정하여 이들 행합과 열합의 조건을 충족하도록 새로운 산업연관표를 추정한다. 이 방법은 산업연관표 작성에 필요한 직접조사에 의한 모든 정보를 요구하지 않기 때문에 종종 비조사법(Non-survey Method) 혹은 양비례조정법(Biproportional Adjustment Method)이라고도 한다.

설명의 편의상 3개의 산업만으로 구성된 경제를 고려하자. 이미 알려져 있는 기존 산업연관표에 대해서는 상첨자 영(0)을 이용하고 추정하고자 하는 새로운 산업연관표에 대해서는 상첨자 일(1)을 이용하여 다음과 정의한다.

$$Z^i = \begin{pmatrix} Z_{11}^i & Z_{12}^i & Z_{13}^i \\ Z_{21}^i & Z_{22}^i & Z_{23}^i \\ Z_{31}^i & Z_{32}^i & Z_{33}^i \end{pmatrix} : \text{중간거래행렬} \quad (1)$$

$$A^i = \begin{pmatrix} a_{11}^i & a_{12}^i & a_{13}^i \\ a_{21}^i & a_{22}^i & a_{23}^i \\ a_{31}^i & a_{32}^i & a_{33}^i \end{pmatrix} : \text{투입계수행렬} \quad (2)$$

$$\underline{X}^i = \begin{pmatrix} X_1^i \\ X_2^i \\ X_3^i \end{pmatrix} : \text{산출액벡터} \quad (3)$$

단, $i = 0, 1$

위의 세 개 행렬 및 벡터 값을 기존 산업연관표에 대해서는 알고 있지만 새로운 산업연관표에 대해서는 모르는 상황이다. 이제 새로운 산업연관표에 대해서 다음과 같은 중간거래행렬의 행합(U)과 열합(W) 그리고 산출액(X) 정보가 알려진다고 하자.

$$\underline{U}^1 = \begin{pmatrix} U_1^1 \\ U_2^1 \\ U_3^1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum_j Z_{1j}^1 \\ \sum_j Z_{2j}^1 \\ \sum_j Z_{3j}^1 \end{pmatrix} \quad (4)$$

$$\underline{W}^1 = (W_1^1 \ W_2^1 \ W_3^1) = \left(\sum_i Z_{i1}^1 \ \sum_i Z_{i2}^1 \ \sum_i Z_{i3}^1 \right) \quad (5)$$

$$\underline{X}^1 = \begin{pmatrix} X_1^1 \\ X_2^1 \\ X_3^1 \end{pmatrix} \quad (6)$$

RAS방법은 이러한 정보들을 이용하여 새로운 산업연관표의 투입계수행렬이 (1)대체변화, (2)가공도변화의 두 가지 변화 요인에 의해 수정·변화한다고 보고 추정한다. RAS방법은 양비례성의 가정에 따라 행과 열을 각각 일률적인 비율로 수정하며, 위의 두 가지 요인의 변화가 초래하는 효과에 의해 새로운 투입계수행렬을

$$\tilde{A}^1 = R \cdot A^0 \cdot S \quad (7)$$

에 의해 추정하되 아래의 행합과 열합의 조건을 충족하도록 하게 하는 것이다.

$$(\tilde{A}^1 \hat{X}^1) \underline{e} = Z^1 \underline{e} = \underline{U}^1 \quad (8)$$

$$\underline{e}' (\tilde{A}^1 \hat{X}^1) = \underline{e}' Z^1 = \underline{W}^1 \quad (9)$$

단, \hat{X}^1 : 새로운 산업연관표 생산액을 대각원소로 하는 대각행렬

여기에서, R 은 각 상품의 대체변화의 효과를 나타내는 계수를 대각원소로 갖는 대각행렬이고, S 는 각 부문에서의 가공도 변화의 효과를 나타내는 계수를 대각원소로 갖는 대각행렬이다. 대체변화계수 대각행렬(R)과 가공도 변화계수 대각행렬(S)의 해법은 수학적으로는 아래의 2개 방정식을 축차적으로 이용하여 구한다.

$$R \cdot A^0 \cdot \hat{X}^0 \cdot s = U^1 \quad (10)$$

$$r' \cdot A^0 \cdot \hat{X}^0 \cdot S = V^1 \quad (11)$$

단, s : S 의 대각원소를 성분으로 하는列벡터

r : R 의 대각원소를 성분으로 하는列벡터

\hat{X}^0 : 기존 산업연관표 생산액을 대각원소로 하는 대각행렬

Bacharach(1970)는 RAS방법이 식 (8)과 (9)의 제약조건 하에서 다음 목적함수를 최소화하는 것과 동일하다는 것을 보였다.

$$\sum_{ij} a_{ij}^1 \ln(a_{ij}^1 / a_{ij}^0) \quad (12)$$

2. MRAS(Modified RAS)

MRAS(Modified RAS)는 추정하고자 하는 새로운 산업연관표의 중간거래행렬이나 투입계수행렬에서 일부 원소들의 값이 알려진 경우에 사용된다(Miller and Blair, 2009). 설명의 편의를 위해 RAS에서 고려했던 3개의 산업만으로 구성된 경제를 가정한다. 이미 알려져 있는 기존 산업연관표에 대해서는 상첨자 영(0)을 이용하고 추정하고자 하는 새로운 산업연관표에서는 상첨자 일(1)을 이용하여 표기한다. 예를 들어서 새로운 산업연관표에서 z_{31}^1 이나 a_{31}^1 의 값이 알려진 경우를 고려하며, 이 경우에 다음과 같은 행렬들을 정의할 수 있다.

$$\bar{A}^0 = \begin{pmatrix} a_{11}^0 & a_{12}^0 & a_{13}^0 \\ a_{21}^0 & a_{22}^0 & a_{23}^0 \\ 0 & a_{32}^0 & a_{33}^0 \end{pmatrix} \quad (13)$$

$$K = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ a_{31}^1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (14)$$

식 (13)에서 \bar{A}^0 은 기존 산업연관표 투입계수행렬 A^0 에서 값이 알려진 원소의 위치인 3행 1열의 값을 0으로 대체한 행렬이며, 식 (14)에서는 동일한 원소 위치에서만 알려진 값인 a_{31}^1 을 갖고 나머지 원소들은 모두 영인 행렬이다. RAS에서는 A^0 를 출발점으로 RAS가 적용되었다면, MRAS에서는 \bar{A}^0 를 출발점으로 RAS가 적용되고 최종 결과에 K 를 합산하는 방식으로 진행된다. 단, 이때 알려진 정보인 행합과 열합은 해당 행(3행)과 열(1열)에서 각각 a_{31}^1 만큼 뺀 값이 적용되어야 한다. 즉,

$$\tilde{U}^1 = \begin{pmatrix} U_1^1 \\ U_2^1 \\ U_3^1 - z_{31}^1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum_j Z_{1j}^1 \\ \sum_j Z_{2j}^1 \\ \sum_j Z_{3j}^1 - z_{31}^1 \end{pmatrix} \quad (15)$$

$$\tilde{W}^1 = (W_1^1 - z_{31}^1 \quad W_2^1 \quad W_3^1) = \left(\sum_i Z_{i1}^1 - z_{31}^1 \quad \sum_i Z_{i2}^1 \quad \sum_i Z_{i3}^1 \right) \quad (16)$$

$$\tilde{A}^1 = K + R \cdot \bar{A}^0 \cdot S \quad (17)$$

본 연구에서는 열합 정보만을 이용하므로 위 과정에서 행합 정보를 이용하는 과정을 제거하며, 변형된 방법은 다음과 같이 수식으로 표현된다.

$$\tilde{W}^1 = (W_1^1 - z_{31}^1 \quad W_2^1 \quad W_3^1) = \left(\sum_i Z_{i1}^1 - z_{31}^1 \quad \sum_i Z_{i2}^1 \quad \sum_i Z_{i3}^1 \right) \quad (18)$$

$$\tilde{A}^1 = K + \bar{A}^0 \cdot S \quad (19)$$

식 (19)은 식 (17)에서 행 방향 조정을 나타내는 R 행렬이 생략되었음을 알 수 있다.

3. TRAS(Two-stage RAS)

RAS는 추정하고자 하는 산업연관표의 행합과 열합의 정보만을 이용할 수 있고 그 이외의 추가적인 정보가 주어지더라도 이용하지 못하는 단점이 있다. Gilchrist and Louis

(1999, 2004)는 새로운 산업연관표의 행합과 열합 정보에 추가하여 새로운 산업연관표에서 일부 산업부문들을 통합하여 구축한 산업연관표가 알려져 있을 때 이러한 정보를 활용할 수 있는 2단계로 구성된 TRAS(Two-stage RAS)방법을 제시하였다.

RAS의 상황은, 기존의 행렬인 A^0 , 새로운 행렬의 행합과 열합의 값이 주어져 있고 새로운 $m \times n$ 행렬 A^1 를 추정하는 것이다. 이제 추가적인 정보가 주어지고 이것을 $h \times k$ 행렬인 \tilde{A} 라고 표기하자. 본 연구의 경우 \tilde{A} 는 새로운 산업연관표를 일부 산업부문에 통합된 통합행렬이다. 이제 TRAS에서 반복적인 추정과정은 행합과 열합 그리고 추가정보인 \tilde{A} 를 충족하면서 A^1 으로 수렴하도록 하는 것이다. $h \times m$ 크기의 행방향 통합행렬인 P 와, $n \times k$ 크기의 열방향 통합행렬인 Q 를 다음 조건이 충족되도록 정의한다.

$$\tilde{A} = P A^1 Q \quad (20)$$

예를 들어서 3개의 산업만으로 구성된 경제에서 새로운 투입계수행렬에 대해 산업부문 1과 3을 통합해서 통합 후 부문 1이 되고 통합 전 부문 2는 통합 후 부문 2가 되도록 통합한 값이 \tilde{A} 로 알려져 있다고 하자. 이러한 경우에 위에서 정의된 행렬들은 다음과 같다.

$$P = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}, Q = P' \quad (21)$$

단, P 행렬의 각 행은 통합 후의 부문 번호이며, P 행렬의 각 행에서 1의 위치는 통합 전 통합되는 부문들의 위치임.

그러면 식 (20)의 관계가 다음과 같이 성립한다.

$$\begin{pmatrix} a_{11}^0 + a_{31}^0 + a_{13}^0 + a_{32}^0 & a_{12}^0 + a_{32}^0 \\ a_{21}^0 + a_{23}^0 & a_{22}^0 \end{pmatrix} = P A^1 Q = \tilde{A} \quad (22)$$

TRAS의 반복과정은 매 반복단계마다 RAS와 TRAS의 2개 하부 단계로 구성되고, TRAS단계는 다시 두 부분으로 구성된다. 먼저 \tilde{A} 와 같은 크기를 갖는 행렬 $G(i)$ 를 다음과 같이 계산한다.

$$G(i) = \tilde{A} \div [P \{R(i) A^{-1}(i-1) S(i)\} Q] \quad (23)$$

식 (23)에서 나누기 연산자인 \div 는 원소 대 원소 간의 나누기 연산자 표시이며 만약 $G(i)$ 의 어떤 원소가 1보다 크면 $P \{R(i) A^{-1}(i-1) S(i)\} Q$ 에서 상응하는 원소가 \tilde{A} 에 서 주어진 정보에 비해 너무 작다는 것을 의미한다.

다음은 이러한 정보를 이용해서 값을 조절하는 단계이다. 다음과 같은 행렬을 정의한다.

$$T(i) = P'G(i)Q' \quad (24)$$

이제 다음과 같은 원소 대 원소 간의 곱 연산에 의해 TRAS단계가 마무리된다.

$$A^{-1}(i) = T(i) \cdot (R(i) A^{-1}(i-1) S(i)) \quad (25)$$

여기서 \cdot 은 원소 대 원소 간의 곱 연산자임.

위의 RAS단계와 TRAS단계로 구성된 과정을 $A^{-1}(i) - A^{-1}(i-1)$ 이 영 행렬로 수렴하 거나 R, S, T 행렬 등이 모두 단위 행렬로 수렴할 때까지 반복한다.

본 연구는 앞서 MRAS에서와 같이 열합 정보만을 이용하므로 위 과정에서 행합 정보 를 이용하는 과정을 제거하며, 변형된 방법은 다음과 같이 수식으로 표현된다.

$$G(i) = \tilde{A} \div [P \{A^{-1}(i-1) S(i)\} Q] \quad (26)$$

$$T(i) = P'G(i)Q' \quad (27)$$

$$A^{-1}(i) = T(i) \cdot (A^{-1}(i-1) S(i)) \quad (28)$$

식 (26)과 식 (28)은 각각 식 (23)과 식 (25)에서 행 방향 조정을 나타내는 R 행렬이 생 략되었음을 알 수 있다.

〈표 1〉 RAS와 본 연구에서 사용된 MRAS 및 TRAS의 상호 비교

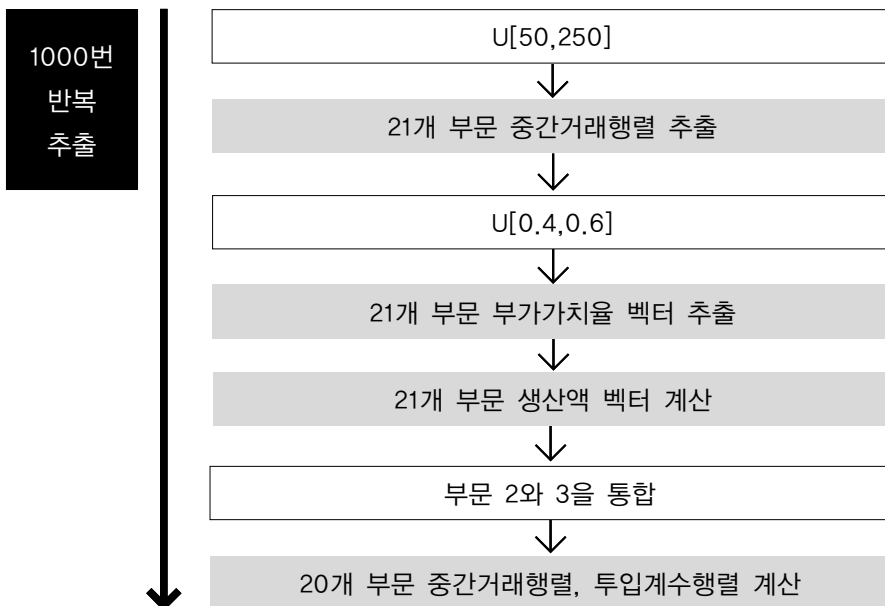
추정에 이용하는 목표 행렬에 관한 정보	RAS	MRAS	TRAS
산출액 벡터	O	O	O
중간수요계 벡터	O	X	X
중간투입계 벡터	O	O	O
일부 원소 값	X	O	X
일부 부문들이 통합된 중간투입계수 행렬	X	X	O

III. 모의실험

1. 시뮬레이션 구조

본 연구는 시뮬레이션을 통해 가상적으로 1,000번 생성된 자료를 이용해서 추계 성과를 평가한다. 먼저 구간 [50,250]의 균등분포 $U[50,250]$ 로부터 임의로 21*21 행렬을 추출하고 반올림해서 정수로 만들어서 21개 부문 분류의 가상적인 중간거래행렬을 구축

〈그림 1〉 시뮬레이션 구조



한다. 이 중간거래행렬을 행방향으로 합하면 부문별 중간수요계 벡터가 되고 열방향으로 합하면 부문별 중간투입계 벡터가 된다. 다음으로 구간 [0.4,0.6]의 균등분포인 $U[0.4,0.6]$ 로부터 임의로 21×1 벡터를 추출해서 부가가치율 벡터로 이용하고 중간투입계 벡터에 적용해서 부문별 생산액 벡터와 부가가치 벡터를 도출한다. <그림 1>은 시뮬레이션에서 자료 추출 과정을 보여준다.

도출된 21개 부문 분류의 산업연관표에서 부문 2와 부문 3을 통합해서 20개 부문 분류의 산업연관표를 구축한다. 모의실험에서는 이렇게 도출된 20개 부문 분류의 산업연관표의 중간거래행렬, 21개 부문 분류의 산업연관표의 부문별 생산액 벡터, 중간투입계 벡터의 정보를 알고 있고 이러한 정보를 이용해서 21개 부문 분류의 중간거래행렬과 투입계 수행렬을 추정하는 상황을 고려한다. 이러한 상황은 20개 부문 분류의 산업연관표에서 부문 2를 2개 하위 부문으로 분리한 21개 부문 분류의 산업연관표를 추계하는 상황이 된다.

21개 부문의 산업연관표에서 부문 2와 3을 제외한 나머지 부문들의 값은 20개 부문의 산업연관표와 동일하므로 알려진 값이 된다. 또한 이러한 정보에 추가해서 21개 부문 산업연관표에서 부문 2와 부문 3의 원소들의 값을 합하면 20개 부문 분류 산업연관표의 부문 2의 원소 값과 같다는 정보가 더 있다. <그림 2>에서 21개 부문 분류의 중간거래행렬 중 흰색 부분이 값을 알고 있는 부분이고 회색 부분이 값을 모르는 부분이다. 회색 부분에 대해서 부문 2와 부문 3의 행방향 합계와 열방향 합계의 값은 각각 알려진 정보가 된다.

<그림 2> 21개 부문 분류의 산업연관표

		부문							
		1	2	3	4	5	...	21	
부문	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	⋮								
	21								

2. 추계 과정과 추계 성과 평가

본 연구는 먼저 MRAS 방법을 적용해서 <그림 2>의 흰 색 부분에 해당하는 원소들의 알려진 값을 이용하여 21개 부문의 중간거래행렬과 투입계수행렬을 추정하고 다음에 TRAS를 적용해서 21개 부문의 부문 2와 부문 3의 행합과 열합의 값에 대한 정보를 추가로 이용하여 추정하는 과정을 반복하는 과정을 고려한다. 이 경우에 MRAS의 식 (13)과 (14)의 \bar{A}^0 와 K는 다음과 같다.

$$\bar{A}^0 = \begin{pmatrix} 0 & a_{12}^0 & a_{13}^0 & 0 & \cdots & 0 \\ a_{21}^0 & a_{22}^0 & a_{23}^0 & \cdots a_{24}^0 & \cdots & a_{2,21}^0 \\ a_{31}^0 & a_{32}^0 & a_{33}^0 & \cdots a_{34}^0 & \cdots & a_{3,21}^0 \\ 0 & a_{42}^0 & a_{43}^0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & a_{52}^0 & a_{53}^0 & 0 & \cdots & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ 0 & a_{21,2}^0 & a_{21,3}^0 & 0 & \cdots & 0 \end{pmatrix}, K = \begin{pmatrix} a_{11}^1 & 0 & 0 & a_{14}^1 & \cdots & a_{1,21}^1 \\ 0 & 0 & 0 & \cdots 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cdots 0 & \cdots & 0 \\ a_{41}^1 & 0 & 0 & a_{44}^1 & \cdots & a_{4,21}^1 \\ a_{51}^1 & 0 & 0 & a_{54}^1 & \cdots & a_{5,21}^1 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ a_{21,1}^1 & 0 & 0 & a_{21,4}^1 & \cdots & a_{21,21}^1 \end{pmatrix}$$

또한 TRAS에서 식 (20)의 P는 다음과 같다.

$$P = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 1 & 1 & \cdots 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \cdots 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & \cdots & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 1 \end{pmatrix}$$

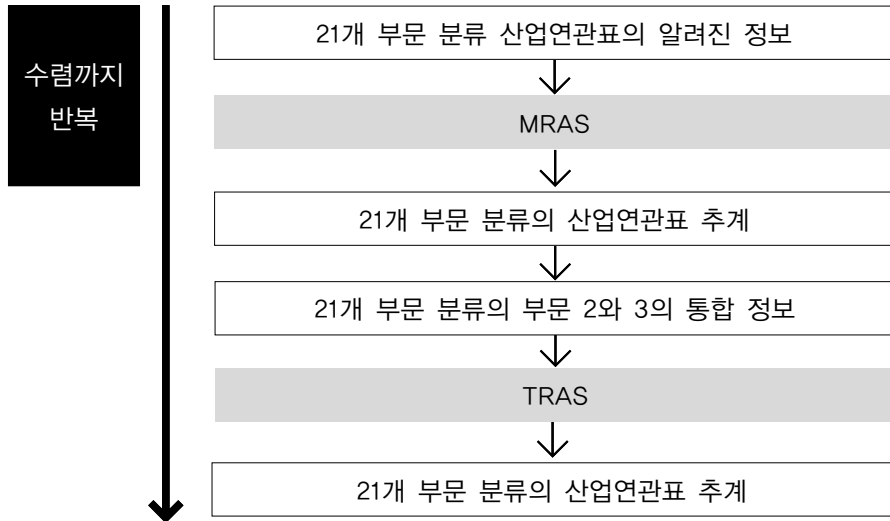
<그림 3>은 MRAS와 TRAS의 적용 과정을 보여준다.

추계 성과를 평가하는 지표는 21개 부문 산업연관표의 실제 값과 추계된 값 간의 차이의 절대값을 실제 값으로 나눈 백분율을 $21 \times 21 = 441$ 개 셀에 대해 계산한 결과의 평균값이다.

$$\frac{1}{441} \sum_{i=1}^{21} \sum_{j=1}^{21} 100 \times \left| \frac{\hat{a}_{ij}^1 - a_{ij}^1}{a_{ij}^1} \right| \quad (29)$$

단, \hat{a}_{ij}^1 는 21개 부문 분류 투입계수행렬 추계값이며, a_{ij}^1 는 21개 부문 분류 투입계수행렬 실제값임.

〈그림 3〉 21개 부문 분류 산업연관표 추계 과정



시물레이션은 모두 1,000회 반복되었으므로 식 (29)의 추계오차 절대값 평균이 1,000개 생성되며 <표 2>는 이들 1,000개에 대한 평균, 중앙값, 표준오차를 보여준다. <표 2>에서 본 연구에서 제시된 부문 분리 산업연관표의 투입계수행렬을 추정하는 오차는 평균 약 11.23%이며 표준오차는 1.66%임을 보여준다. 반면에 중간거래행렬의 행합인 중간수요계와 열합인 중간투입계의 값이 모두 알려진 경우에 범용적으로 사용되는 RAS를 적용하면, 오차 평균이 약 11.30%이며 표준오차는 1.60%로 나타났다. 따라서 본 논문에서 제시된 방법이 중간수요계 정보를 활용하지 않더라도 RAS에 근사한 성과를 나타내고 있으며, 특히 표준오차는 약간 증가하는 반면에 평균은 근소하지만 감소하여서 RAS에 준하는 추정성과를 가지는 것으로 나타났다.

〈표 2〉 추계 성과

1,000번 반복 시물레이션에서의 추계오차 절대값 평균 (%)					
평균	평균	중앙값	표준편차	95% 신뢰구간	
				하한값	상한값
본 논문 방법	11.2250	11.2602	1.6642	7.9632	14.4868
RAS	11.3016	11.2757	1.6046	8.1566	14.4466

IV. 결론

RAS는 투입계수행렬을 추계하기 위하여 개발된 가장 보편화된 산업연관표 추계방법이다. RAS 방법을 적용하기 위해서는 새로운 산업연관표의 부문별 생산액, 중간투입계, 중간수요계의 세 가지 정보를 필요로 한다. 이때 중간수요계의 정보는 확보하기가 쉽지 않은 경우가 많으며 이런 상황에서는 RAS 방법을 적용할 수 없다.

본 연구는 부문이 분리되는 산업연관표의 추계에 초점을 맞추고 중간수요계의 정보를 이용하지 않고 새로운 산업연관표를 추계하는 과정을 제시하였다. 제시된 방법의 핵심 아이디어는 부문 분리 이전의 산업연관표 중간거래행렬이나 투입계수행렬의 많은 원소들이 부문 분리 이후의 산업연관표에서도 여전히 같은 값을 갖고 있고 또한 분리된 부문들의 원소 합계가 분리 이전 부문의 원소와 같다는 정보를 활용하는 것이다. 본 연구에서는 부문 분리 이후의 부문별 생산액과 중간투입계 정보가 이용가능하다는 가정 하에서, 원소와 이전의 원소가 같다는 정보의 활용에 MRAS(Modified RAS)(Miller and Blair, 2009)를 적용하고 부문 분리 이후의 원소들의 합이 부문 분리 이전의 원소의 값과 같다는 정보의 활용에는 TRAS(Two-Stage RAS)(Gilchrist and Louis, 1999, 2004) 방법을 적용함으로써 중간수요계의 정보를 이용하지 않아도 부문 분리의 새로운 산업연관표를 추계하는 과정을 제시하였으며 소규모 시뮬레이션 결과, 투입계수행렬의 경우 평균 약 11.23%의 추계 오차를 가지며 이것은 중간수요계 정보를 활용하는 RAS의 11.30%의 추계 오차보다 작은 것으로 나타났다.

본 연구의 기여는 부문을 분리하는 상황에서 분리 후의 부문별 중간수요계 정보가 없을 때 산업연관표를 추계할 수 있는 과정을 제시하였다는 점이다. 그러나 1개 부문이 2개로 분리되는 상황만을 고려하였는데, 지역 산업연관표에서 특정 지자체를 하부 행정단위로 분리하는 경우에는 2개 이상의 복수 부문이 분리되므로 이러한 더 복잡한 상황으로 확장하는 후속 연구가 필요하다.

MRAS와 TRAS는 모두 목표 행렬의 원소가 가질 수 있는 값에 대한 추가적인 정보를 활용하는 점에서 공통점을 갖는다. 그러나 추가 정보를 이용해서 목표 행렬을 추정하는 것이 추가 정보를 이용하지 않는 경우보다 항상 더 좋은 추정 결과를 보장하지는 않는 것이 여러 연구들에서 보여졌으며(Miller and Blair, 2009, pp. 331-332; de Mesnard and

Miller, 2006; Szrymer, 1989), 따라서 본 연구에서 제시된 방법을 실제로 적용하기 위해서는 시뮬레이션의 구조를 확장해서 추정 성과를 다양한 측면에서 평가하는 후속 연구가 필요하다고 판단된다.

[References]

- Bacharach, M., *Biproportional Matrices and Input-output Change*, Cambridge University Press, 1970.
- de Mesnard, L. and R. Miller, "A Note on Added Information in the RAS Procedure: Reexamination of Some Evidence," *Journal of Regional Science*, Vol. 46, 2006, pp. 517~528.
- Gilchrist, D. and L. Louis, "Completing Input-output Tables Using Partial Information, with an Application to Canadian Data," *Economic Systems Research*, Vol. 11, 1999, pp. 185~193.
- Gilchrist, D. and L. Louis, "An Algorithm for the Consistent Inclusion of Partial Information in the Revision of Input-Output Tables," *Economic Systems Research*, Vol. 16, 2004, pp. 149~156.
- IAEA, *Assessing National Economic Effects of Nuclear Programmes*, IAEA TECDOC SERIES, IAEA-TECDOC-1962, 2021.
- Jeong, K. and D. Lee, "Separating and Reflecting Technical Change into Tomato Sector in Korean IO," 24th IIOA Conference, 2016.
- Miller, R. and P. Blair, *Input-output Analysis: Foundations and Extensions*, 2nd ed., Cambridge University Press, 2009.
- Stone, R., *Input-output and National Accounts*, OECD, 1961.
- Szrymer, J., "Trade-of between Error and Information in the RAS Procedure," *Frontiers of Input-output Analysis*, New York: Oxford University Press, 1989, pp. 258~278.