

제조업 일별 전력 사용량을 활용한 일일전력경기지수(DEBI) 개발*

오승환¹ · 박성근^{2†}

¹한전경제경영연구원, ²산업연구원

Development of a Daily Electricity Business Index by using
the Electricity Daily Data of the Manufacturing Sector

Seunghwan Oh¹ · Sungkeun Park²

¹KEPCO Economy & Management Research Institute

²Korea Institute for Industrial Economics & Trade

■ Abstract ■

Electricity sales are directly measured from individual consumers, which could minimize the time gap between data collection and public announcement. Furthermore, industrial electricity sales are highly linked with production and output. Therefore, industrial electricity consumption can be used to track production and output in real time. By using the high-frequency data of industrial electricity sales, this study develops the daily electricity business index (DEBI) to capture the daily economic status. The steps used to formulate DEBI are as follows: (1) selection of the explanatory variables and period, (2) amendment of the seasonal adjustment to eliminate daily temperature and effective day effects, (3) estimation of the weighted value via variables by using PCA, (4) calculation of DEBI and commencement of validation tests. Our empirical analysis and the Hodrick - Prescott filter analysis show that DEBI is highly related to existing economic indices.

Keywords : Electricity Demand, Business Index, Seasonal Adjustment, PCA

논문접수일 : 2016년 05월 26일 논문게재확정일 : 2016년 07월 01일

논문수정일(1차 : 2016년 06월 25일)

* 본 연구는 2016년도 한국경영과학회 춘계공동학술대회에서 발표한 논문을 바탕으로 작성한 제1저자의 경제학 박사학위 논문 중 일부 내용을 수정·보완하여 작성하였음.

† 교신저자, sungpark615@gmail.com

1. 서 론

최근 들어 경기의 변동 주기가 짧아지고 대내외 경제 충격에 따른 과급 속도가 빨라짐에 따라 시의성 높은 경기동향 파악의 중요성이 증가하고 있다. 특히 경제 정책 담당자나 기업 경영자의 경우 경기 변화에 적합한 전략을 수립하기 위해 현재 경기상황을 보다 빠르고 정확하게 판단해야 하며, 이는 국가경제와 기업의 안정적인 성장을 위해서 매우 중요하다고 할 수 있다. 이처럼 현재의 경기상황을 잘 반영하며 시의성을 가지는 새로운 경기지수 개발의 필요성이 증대되고 있다.

특히 2008년 글로벌 금융위기 이후 환율 및 유가의 변동성 확대 등 불확실성이 증가하고 있는 상황에서 이제는 미래의 경기변화를 예측하는 것이 아닌 현재, 혹은 가까운 과거의 경제 상황을 정확하고 속도성 높게 파악하기 위한 다양한 연구가 진행되고 있다. 실제로 주요국의 정부기관 혹은 중앙은행은 미래 경기전망 (Forecasting)이 아닌 현재의 경기상황을 판단하기 위한 나우캐스팅(Nowcasting) 분야에 대해 다양한 연구결과를 발표하고 있다¹⁾[11, 16].

경기변동 분석을 위해 일반적으로 활용되는 경제 지표들은 상당한 시차를 가지고 발표되며, 실제로는 지표 발표일로부터 한 달 혹은 한분기의 시차만큼의 과거 경제상황을 반영한다. 따라서 나우캐스팅 연구를 위해서는 시차가 작으면서 실물경기 변동과 밀접한 관련을 가지고 있는 데이터를 활용하는 것이 매우 중요하다.

국가의 경기흐름을 나타내는 대표적인 지표는 한국은행에서 발표하는 국내총생산(GDP)을 뽑을 수 있다. 하지만 국내총생산은 분기별 데이터로 일 년에 4차례만 집계되며, 각 분기별 통계수치가 발표되기 까지 약 1.5~3개월의 시차가 발생하는 만큼 시의성이 매우 취약한 경제지표라고 할 수 있다.

또한 실제로 기준금리 등 경제정책 수립에 중요한 참고지표로 사용되는 산업생산지수, 종합경기지수, 실업률 등의 지표들은 월단위로 집계되고 있어 국내 총생산(GDP)에 비해서는 짧은 주기를 가지고 있으나, 해당 월이 지난 후 약 1개월의 시차를 가지고 발표되고 있어 시의성 측면에서는 여전히 취약하다고 할 수 있다. 그리고 대부분의 경기관련 지표들은 전수 조사 데이터가 아닌 survey 방식의 데이터이기 때문에 실제 경기상황과는 차이가 있는 수치가 산출될 가능성이 상존한다.

최근에는 ICT 등 기술 발달로 고빈도의 데이터 수집이 가능해짐에 따라, 실시간 자료를 활용해 거시경제를 분석하고자 하는 다양한 시도들이 이뤄지고 있으며, 이미 고빈도의 자료를 활용한 통계분석은 거시경제학의 주요 연구분야로 부상하였다. 사회의 다양한 분야에서 그동안 파악할 수 없었던 데이터 수집이 가능해지면서 경제 분석에 활용 가능한 가능한 데이터의 양이 급속도로 확대되고 있으며, 이는 과거에 비해 데이터 조사 기간 및 주기의 단축을 유발해 보다 짧은 주기의 데이터 분석을 가능하게 만들었다. MIT의 BPP(Billion Prices Project)는 인터넷에서 발생하는 수많은 거래를 활용해 일일 단위로 물가 변화를 파악할 수 있는 Online Index를 개발하였다. Online Index는 월간 단위 소비자물가지수의 산출까지 걸리는 시간적 제한을 보완하고 있으며, 온라인에서 거래되는 다양한 상품을 반영하고 있어, 실제 소비자물가지수 보다 다양한 상품들의 가격변화를 반영하고 있다[13].

국가경제의 생산측면에서 전력은 광공업, 서비스업 등 다양한 분야의 산업활동에 주요 에너지원으로 사용되고 있어 전력소비량과 경기변동 간에는 매우 밀접한 관계를 보인다. 실제로 다양한 선행연구에서는 전력 수요와 거시경제변동 간에 매우 높은 상관관계가 존재한다는 결과를 보여주고 있다. 나인강[2]은 제조업 전력 사용량의 경기선행력을 Hodrick- Prescott 필터 등의 통계적 방법을 통해서 분석하였으며, 전력 사용량과 경기동행지수 간에 동행성이 나타나고 있다고 설명하였다. Ferguson et al.[15]은 전 세계 GDP의

1) 최근 연구되고 있는 대부분의 Nowcasting 연구는 다양한 분야의 여러 경제지표들에 통계적 모형을 적용함으로써 해당월 종료 후 최단시일 내에 속도성 높은 새로운 월간 단위의 경기지수를 산출해내는 것을 목표로 연구되어 지고 있음.

대부분을 차지하는 백 개 이상의 국가 데이터를 사용해 전력 사용량과 경제발전에 대한 관계를 분석하였으며, 고소득 국가가 저소득 국가에 비해 전력 사용량과 경제발전간의 상관관계가 높게 나타난다고 주장하였다. Arora and Lieskovsky[10]는 미국의 국내총생산과 전력소비 간의 상관관계가 89% 수준으로 나타나고 있으며, 전력소비와 경기변동이 동일한 추세를 보인다는 점을 고려해, 미국의 경제지표로서 전력소비량의 활용 가능성을 검토하였다. 그리고 전력소비 데이터를 사용해 경제지표를 개발할 경우 추세변동, 계절조정 등 다양한 비 경기적 요인의 변동성을 조절할 필요가 있다고 주장하였다. 박성근[3]은 전력통계자료가 다른 경제자료와 달리 즉각적이고 직접적으로 수요처로부터 관측이 가능하다는 점을 활용해 기존의 경제지표에 대한 보완지표로 사용할 수 있는 전력수요지수를 개발하였다. 전력수요지수는 경기변동, 기온효과 등을 포함한 전력수요함수를 기초로 도출하였으며, 최종 산출된 전력수요지수는 산업생산지수와 거의 일치하는 움직임을 보이는 것으로 나타났다. 오승환 외[5]는 산업용, 일반용 전력판매량의 업종별 데이터에 주성분분석을 통해 산출한 가중치를 고려하여 국내 실물경기상황을 보다 빠르게 파악할 수 있는 새로운 월간 경기지수를 산출하였다.

선행연구에서 언급된 것과 같이 전력소비 통계는 지표의 속보성, 시의성 측면에서 다른 경제지표에 비해 신속한 자료 수립이 가능하다는 장점을 가지고 있으며, 향후 AMI 등 스마트그리드 보급 확대 및 기술 발전에 따라 실시간까지도 집계 가능해질 전망이다.

하지만 전력소비는 기온변화에 따른 냉난방 수요, 각 시기별 휴일 차이에 따른 수요 변화 등 비경기적 요인을 포함하고 있어, 전력소비량으로 경기흐름을 분석하기 위해서는 전력수요에 영향을 미치는 경기적 요인 외의 다른 요인을 적절히 통제해야만 한다.

이에 본 연구는 일일전력판매량 데이터에서 경기변동에 의한 전력소비량 변동 부분만을 추출하고 이를 바탕으로 시의성과 적합성이 높은 새로운 일일 단위의 실물경기지수를 시산하는 것을 목표로 하였다. 아직까지는 기술적인 한계로 모든 기업의 전력 사용

량을 일일 단위로 수집할 수는 없는 만큼 가장 뛰어난 경기지수를 산출하는 모형을 개발하기 보다는 일일 전력 사용량 데이터를 활용해 새로운 실물경기지수의 산출하고 활용 가능성을 타진해 보는 것을 주목적으로 하였다.

본 연구에서는 일일전력경기지수(DEBI, Daily Electricity Business Index) 산출을 위해 2010년 1월 1일부터 2015년 12월 31일까지 6년간 24개 제조업 업종별로 수집된 2,191일간의 원격검침(AMR, Automated Meter Reading) 데이터를 사용하였으며, 자료는 한국전력공사로부터 수집하였다.²⁾ 제조업종 데이터만을 대상으로 삼은 이유는 우리나라의 경우 제조업 중심의 산업구조를 가지고 있어 타 업종에 비해 국내 경기변동과 밀접한 관계를 가지고 있는 것으로 판단되며, 또한 기존 경기지수인 GDP와 산업생산지수가 제조업종에 대해서 별도 수치를 발표해 비교가 용이하기 때문이다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 전력판매량에 영향을 미치는 요인 중 기온, 유효일수 효과를 제거한 전력판매량을 산출하기 위해 전력수요함수를 도출하였다. 제3장에서는 일일전력경기지수(DEBI) 시산을 위해 사용한 방법론을 설명하고, 새롭게 산출된 지수 결과를 제시하였다. 마지막으로 제4장은 본 연구의 내용을 요약하고 연구의 한계 및 향후 발전 방향을 논의하였다.

2. 일일전력수요

산업용 전력수요는 경기변동 외에 기온이나 요일 특성 등의 다른 변수들에 대한 영향을 크게 받는다. 따라서 산업용 전력수요에서 경기변동 부분을 추출하기 위해서는 기타 요인들의 영향을 측정하고 제거하는 일종의 ‘표준화’ 작업이 선행되어야 한다. 본 연

2) 원격검침계량기를 통한 전력 사용량은 계량기 설치 고객을 대상으로 시간대별로 데이터 취득이 가능하며, 표준산업코드에 따라 분류 가능함. 본 연구에서는 일일전력경기지수 산출을 위해 시간대별 전력 사용량을 일일단위로 변환시킨 후 분석을 시행하였음.

구에서는 산업용 전력수요에 영향을 주는 대표적인 변수를 기온과 요일 특성으로 구분하고 해당 변수의 특성을 파악한 후 통제하여 최종적으로 지수를 산정하는데 사용되는 계절 조정된 전력수요를 산정하였다.

2.1 유효일수

에너지 수요는 기간별로 집계되기 때문에 해당 기간의 특징에 따라 차이가 발생한다. 예컨대 에너지 수요는 평일, 주말, 명절 등의 일별 특성에 따른 수요 차이가 나기 때문에 단순히 달력일 기준으로 정확한 분석이 어렵다.

구체적으로 근무일과 일요일을 비교해보면, 같은 하루이지만 ‘전력수요를 기준’으로 했을 때는 같은 하루가 아니다. ‘전력수요를 기준’으로 근무일을 1일이라고 했을 때, 일요일은 이보다 작은 0.8일 정도이며, 명절일에는 0.5일 정도가 될 수 있다.

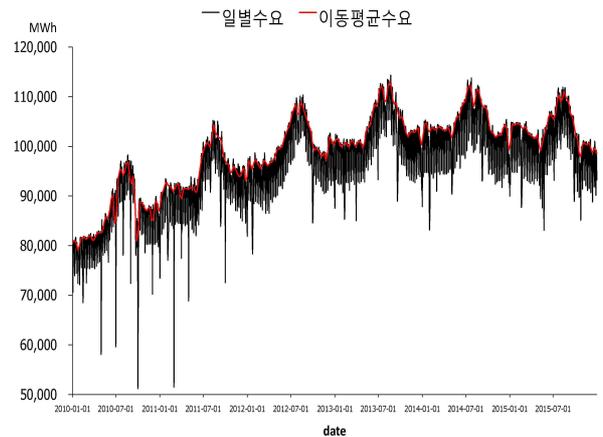
월별 전력수요 모형을 연구한 Chang et al.[14]에서는 산업용, 가정용 그리고 일반용의 요일 특성을 ‘유효일’로 정의하고 요일별 효과를 추정하였다.³⁾ 근무일을 1일로 설정하고 근무일과의 차이를 추정하였으며, 가정용과 산업용에서 그 차이가 매우 뚜렷하게 나타난다. 구체적으로 일요일의 ‘유효일’이 근무일보다 0.04일 더 높은 1.04일인 반면 산업용의 ‘유효일’은 근무일보다 0.22 작은 0.78일로 추정되었다.

이렇듯 달력일이 아닌 ‘유효일’의 개념을 이용해서 에너지 수요를 분석하는 연구는 Pardo et al.[18], Carcedo and Vicens-Otero[12], 김인무 외[1]와 Chang et al.[14] 등에서 진행되었으며, 본 연구는 김인무 외[1]와 Chang et al.[14]에서 제시한 유효일수(Monthly Effective Days)의 개념을 도입하였다. 유효일수 추정을 위해 근무일과 고려되는 특수일을 정의해야하는데, 이는 김인무 외[1]의 정의를 그대로 따랐다.⁴⁾

3) 보다 자세한 내용은 Chang et al.[14]의 <표 3> 참조.

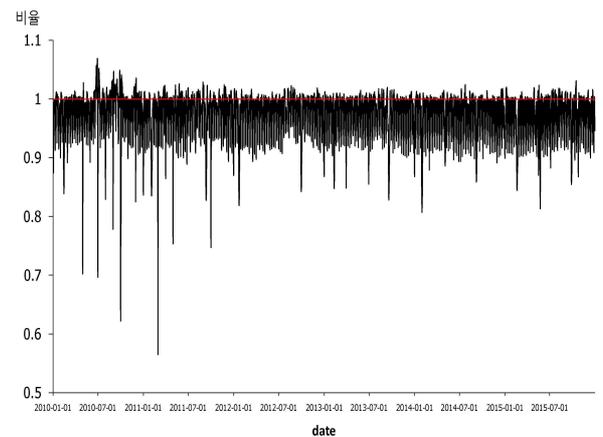
4) 김인무 외[1]에서는 근무일을 휴일이 아닌 화-금으로 정의하였고, 구체적으로 고려한 특수일로는 월요일, 토요일, 일요일, 일요일이 아닌 휴일, 샌드위치 day 그리고 명절(설과 추석)로 구분했다. 일요일이 아닌 휴

유효일수 산정을 단계별로 살펴보자. 전력수요는 시간에 따라 증가하는 추세를 보이고 있어서 ‘근무일 평균’을 앞뒤 1주일 중 근무일 수요의 평균으로 정의하였고 이는 일종의 근무일만의 이동평균 수치로 볼 수 있다. 해당 일의 수요를 앞서 구한 ‘근무일 평균’으로 나누어 일별로 근무일 대비 수요를 산정하였다.



자료 : 전자부품/컴퓨터/영상/음향 및 통신장비 제조업 부문의 2010년 1월부터 2015년 12월까지의 일별 전력수요.

[그림 1] 일별 수요와 이동평균



자료 : 전자부품/컴퓨터/영상/음향 및 통신장비 제조업 부문의 2010년 1월부터 2015년 12월까지의 일별 전력수요.

[그림 2] 상대수요(일별수요/이동평균)

일은 1월 1일, 삼일절, 노동절, 공휴일 제외 전 식목일과 제헌절, 어린이날, 현충일, 광복절, 개천절, 석가탄신일, 크리스마스, 선거 투표일이 포함되며, 마지막으로 7월 다섯째 주 혹은 8월 첫째 주를 하계 휴가기간으로 정의함(김인무 외[1]의 8페이지 주⁶⁾ 인용).

<표 1> 제조업종별 모형 특수일 고려 현황

| 업종명 | CODE | 제외된 일형 변수 | 업종명 | CODE | 제외된 일형 변수 |
|-------------------------|------|---|---------------------------|------|----------------------|
| 식료품 제조업 | c1 | - | 고무제품 및 플라스틱제품제조업 | c13 | - |
| 음료 제조업 | c2 | - | 비금속 광물제품 제조업 | c14 | 샌드위치일 제외 |
| 담배 제조업 | c3 | 하계휴가 제외 | 1차 금속 제조업 | c15 | - |
| 섬유제품 제조업; 의복제외 | c4 | - | 금속가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외 | c16 | - |
| 의복/의복액세서리 및 모피제품 제조업 | c5 | - | 전자부품/컴퓨터/영상/음향 및 통신장비 제조업 | c17 | 샌드위치일 제외 |
| 가죽/가방 및 신발 제조업 | c6 | - | 의료/정밀/광학기기 및 시계 제조업 | c18 | 토요일, 샌드위치일, 하계휴가일 제외 |
| 목재 및 나무제품 제조업; 가구제외 | c7 | - | 전기장비 제조업 | c19 | - |
| 펄프/종이 및 종이제품 제조업 | c8 | 하계휴가 제외 | 기타 기계 및 장비 제조업 | c20 | - |
| 인쇄 및 기록매체 복제업 | c9 | - | 자동차 및 트레일러 제조업 | c21 | - |
| 코크스/연탄 및 석유정제품 제조업 | c10 | 월요일, 토요일, 샌드위치, 명절-2, 명절+1+2+3, 하계휴가 제외 | 기타 운송장비 제조업 | c22 | - |
| 화학물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외 | c11 | 샌드위치일 제외 | 가구 제조업 | c23 | - |
| 의료용 물질 및 의약품 제조업 | c12 | - | 기타 제품 제조업 | c24 | - |

[그림 1]은 전자부품/컴퓨터/영상/음향 및 통신장비 제조업의 2010년 1월 1일부터 2015년 12월까지의 산업용 일별 전력수요와 이동평균을 보여주며, [그림 2]는 일별 전력수요를 이동평균으로 나눈 상대수요를 나타낸다. 상대수요는 평균적인 근무일 수요 대비 비율이며, 상대수요가 급격히 떨어지는 시기는 설과 추석의 명절에 해당하는 시기이다.

상대수요를 종속변수로 하여 특수일 효과를 추정하는 “유효일 모형”은 다음 식 (1)과 같다.

$$RD_t^{(i)} = \beta_0^{(i)} + \beta_1^{(i)} Dum_{1t} + \dots + \beta_{12}^{(i)} Dum_{12t} + \varepsilon_t^{(i)} \quad (1)$$

여기서 $i(=1, \dots, 24)$ 는 24개의 업종을, $RD_t^{(i)}$ 는 업종별 일별 수요/근무일 평균⁵⁾이고, Dum_{1t} 부터 Dum_{12t} 는 특수일 더미변수들⁶⁾이다. 위 모형의 추정결과로

5) 근무일을 휴일이 아닌 화-금으로 정의하여 일별로 앞뒤 1주일 중 근무일에 해당하는 수요를 평균한 수치를 ‘근무일 평균’으로 정의함.

6) 당초 고려한 변수들은 근무일, 월요일, 토요일, 일요일, 휴일, 샌드위치일, 명절-2일부터 명절+3일, 하계 휴가기간(8월 첫 주)임.

업종별로 발생하는 ‘유효일’ 차이를 확인할 수 있다.

본 연구에서는 당초 고려한 특수일 변수들 중에서 각 업종마다 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나온 경우에는 해당 변수는 제외토록 하였다. <표 1>은 전력 자료의 제조업종 구분과 각 업종의 유효일수 모형에서 제외된 일형 정보가 담겨있다. 일형별 추정결과와는 <부표 1> 기재되어 있다.

일별 요일별 특성을 나타내는 “유효일” 변수는 모형식 식 (1)의 적합값으로 계산하고 이를 ED_t 로 표기하여 다음의 모형식 식 (2)에서의 설명변수로 포함한다.

2.2 기온효과

전력수요는 일정 기준온도(보통 18도)를 중심으로 기온이 낮을수록 혹은 높아질수록 수요가 발생하며, 기준온도보다 낮은 기온대에서 발생하는 수요는 난방수요, 기준온도보다 높은 기온대에서 발생하는 수요는 냉방수요로 정의된다. 이러한 기온과 전력수요의 관계는 기온반응함수로 표현된다. 기온반응함수

는 각 기온에서 발생하는 전력수요의 냉난방 소비 정도를 상대적 비율로 나타낸다. 기온반응함수의 최소 반응 지점은 냉난방수요가 전혀 발생하지 않는 이른바 “최적기온”으로 볼 수 있다. 결과적으로 각 기온대의 반응도와 최적기온 반응도와의 차이는 각 기온에서 유발되는 냉난방 수요의 상대적 비율이다. 전력의 기온반응함수는 통상적으로 비대칭적인 U자 모양으로 설명되는데 이런 비대칭적인 비선형함수를 추정하기 위해서 본 연구는 Chang et al.[14]의 방식을 사용하였다.

구체적으로 전력수요함수 설정에 있어서 추세는 스페인의 일별 전력수요를 분석한 Carcedo and Vicens-Otero [12]이 사용한 3차 다항함수의 시간추세를 적용하였다. 분석 모형식은 아래의 식 (2)와 같다.

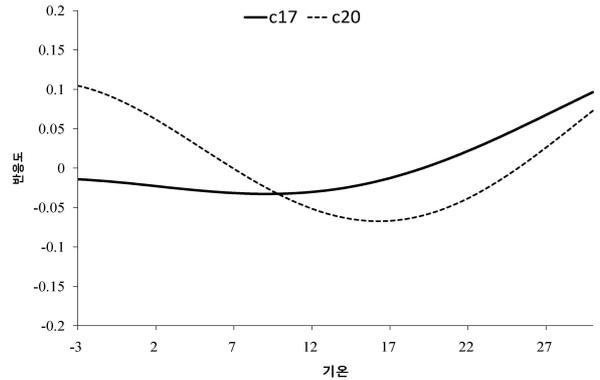
$$\log(D_t^{(i)}) = \alpha_0^{(i)} + \alpha_1^{(i)} t + \alpha_2^{(i)} t^2 + \alpha_3^{(i)} t^3 + \alpha_4^{(i)} \log(ED_t^{(i)}) + g^{(i)}(s_t) + \varepsilon_t^{(i)} \quad (2)$$

여기서 $i(=1, \dots, 24)$ 는 24개의 업종을, $D_t^{(i)}$ 는 i 업종의 일별 수요, $ED_t^{(i)}$ 는 앞 절에서 추정된 i 업종의 유효일, $s_t = (\text{일평균기온}_t - 20)/60 \in [0, 1]$ 로 변환되어 0과 1사이로 표준화된 기온⁷⁾이며, 함수 g 가 전력수요의 기온에 대한 반응도를 함수로 표현해주는 기온반응함수이다. 구체적인 형태는 아래 식 (3)과 같다.

$$g^{(i)}(s_t) = \beta_{1,1}^{(i)} s_t + \beta_{1,2}^{(i)} s_t^2 + \beta_{2,1}^{(i)} \cos(2\pi s_t) + \beta_{2,2}^{(i)} \sin(2\pi s_t) \quad (3)$$

아래의 [그림 3]은 c17(전자부품/컴퓨터/영상/음향 및 통신장비 제조업)과 c20(기타 기계 및 장비 제조업)의 기온반응함수 추정결과를 보여준다. 두 기온반응함수들은 앞에서 언급한 U자 형태를 보이지만 그 형태가 상이하다. c20의 기온반응함수는 약 17도를 중심으로 뚜렷한 U자 형태를 보이는 반면, c17은

U자의 형태가 약하게 나타나는데 이는 상대적으로 난방수요(낮은 기온대에서의 기온반응도)가 작기 때문이다.



주) c17, c20업종의 모형식 (2)의 추정결과.

[그림 3] 업종 c17과 업종 c20의 기온반응함수 추정 결과

구체적으로 수치를 들어 살펴보자. 우선 c17에서 최적기온은 10도로 나타난 반면 c20에서는 16도로 추정되어 두 업종 간에 냉난방 발생의 기준이 되는 온도가 현저하게 다른 것으로 나타났다. 추가로 영하 1도, 최적기온 그리고 26도의 반응도를 살펴보면, c17의 영하 1도의 반응도는 -0.015이며, 최적기온 10도의 반응도는 -0.032, 26도에서는 0.057로 추정되었다. 최적기온의 반응도와의 차이는 영하 1도는 0.017(= -0.015 - (-0.032))이고 영상 26도에서는 0.089 (= -0.057 - (-0.032))이다. 이는 최적기온의 수치를 10으로 할 때, 영하 1도의 수요는 101.7이며 영상 26도의 수요는 108.9임을 의미한다.

한편 c20(기타 기계 및 장비 제조업)에서는 영하 1도와 최적기온 16도의 차이가 0.152, 영상 26도와 최적기온의 차이는 0.073으로 나타났다.

c17과 c20의 반응도를 비교해보면, 영하 1도에서의 최적기온과의 차이가 c17에서 c20보다 10배 이상으로 나타나 두 업종 간 난방수요 정도 차이를 확인할 수 있다. 26도의 기온반응과 최적기온과의 차이는 상대적으로 비슷한 수준으로 나타났으나 최적기온 자체가 16도와 10도로 차이가 큰 사실을 감안하면

7) 비대칭적인 U자 형태의 기온반응함수 추정을 위해 고려한 Fourier Flexible Form(FFF)에 포함되는 삼각함수항을 정의하기 위해 기온구간을 [0, 1]로 변환시킴.

c20의 난방수요 민감도가 월등히 높다고 볼 수 있다.

이처럼 기온에 대한 반응은 업종별로 다르게 나타나며, 업종별 계수 추정결과는 <부표 2>에 제시하였다.

2.3 계절조정된 일별 전력수요

지수 산정에 사용될 계절조정된 일별 전력수요는 모형식 식 (2)의 추정결과를 활용하여 다음과 같이 정의한다.

$$\log(\overline{D_t^{(i)}}) = \hat{\alpha}_0^{(i)} + \hat{\alpha}_1^{(i)} t + \hat{\alpha}_2^{(i)} t^2 + \hat{\alpha}_3^{(i)} + \hat{\alpha}_4^{(i)} \log(\overline{ED_t^{(i)}}) + \hat{g}^{(i)}(\bar{s}) + \hat{\varepsilon}_t^{(i)} \quad (4)$$

여기서 $\overline{D_t^{(i)}}$ 가 업종 i 의 계절조정된 일별 전력수요이며, $\overline{ED_t^{(i)}}$ 는 업종 i 의 유효일평균, \bar{s} 는 전 기간의 평균기온이다. 결과적으로 모형식 (1)의 추정계수를 이용하여 “유효일 효과”와 “기온효과”를 통제한 업종별 계절조정된 일별 전력수요($\overline{D_t^{(i)}}$)를 산정하였다.

3. 일일전력경기지수(DEBI) 시산

본 장에서는 계절조정된 전력판매량 데이터를 바탕으로 통계청의 경기종합지수 작성방법[9]을 활용해 우리나라의 현재 경기상황을 잘 설명할 수 있는 새로운 일일전력경기지수(DEBI, Daily Electricity Business Index)를 산출하고 적절성을 확인해 보았다. 그리고 경기지수 산정과정에서 필요한 구성변수 별 가중치는 주성분분석(PCA)을 활용하였다. 지수 산출과정은 아래 <표 2>와 같다.

<표 2> 지수 산출과정

| | |
|-----|-----------------------|
| 1단계 | 전력판매량 전일비 증감률 산출 |
| 2단계 | 증감률 진폭 표준화 |
| 3단계 | 주성분분석을 통한 가중치 도출 |
| 4단계 | DEBI 산출(2010 = 100기준) |

지수 산출을 위해 가장 먼저 제2장에서 산출한 계

절조정된 제조업 전력 판매량을 활용해 전일비 대칭 증감률을 산출하였다. 대칭증감률은 변수의 증가 및 감소를 대칭적으로 처리하기 위해 금일치와 전일치의 평균을 분모로 활용하여 산출한 증감률이며 식 (5)와 같이 표현할 수 있다.

$$x_i(t) = 200 \times \frac{x_i(t) - x_i(t-1)}{x_i(t) + x_i(t-1)} \quad (5)$$

다음으로 증감률의 진폭이 큰 특정 변수가 전체 종합지수를 좌우하지 않도록 하기 위해 각 구성변수별 전일비 증감률의 진폭을 평균적으로 같게 하는 표준화를 시행하였다. 표준화를 위해 대칭변화율 표준편차의 역수를 전체 구성지표 표준편차의 역수의 합으로 나누어 표준화 인자를 산출하였으며 식 (6), 식 (7)과 같이 표현할 수 있다.

$$z_i(t) = \sum_{i=1}^k x_i(t) \times s_i(t) \quad (6)$$

$$s_i(t) = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^k b_i}, \quad b_i = \frac{1}{sd_i} \quad (7)$$

이후 업종별 데이터에 대한 주성분분석(PCA)을 통해 각 업종별 기여도를 산출하였다. 박성욱 외[4]에서는 최근 경제지수 산출시 경제모형을 기반을 둔 가중치 산정방식이 아닌, 통계적 기법을 통한 경제변수의 예측능력을 계산하고 이를 기반으로 가중치를 정하는 방식이 많이 이용되고 있다고 언급하며, 주로 활용되는 방법으로 주성분분석을 제시하였다.⁸⁾ Stock and Watson[19], Hatzius et al.[17], 이승용 외[6] 등의 선행연구에서도 주성분분석(PCA)을 활용해 새로운 경제지수 산출하였다. 주성분분석이란 다양한 변수들 사이에 내재하고 있는 공통의 패턴을 발견해 측정자료를 보다 이해하기 쉬운 형식으로 표현하거나 변수에 내재된 정보의 손실을 최소화하면서 다

8) 박성욱 외[4]에서는 주성분분석을 활용해 금융상황지수를 개발하였음.

량의 변수를 보다 적은 수로 축소하는 다변량통계기법이다.⁹⁾ N개의 구성지표에 대하여 K-개의 주성분 $\xi_i (K < N)$ 를 시산하는 방법은 각각의 주성분은 원데이터의 선형결합이다. 예를 들어, 첫 번째 주성분 $\xi_{1,t}$ 는 데이터의 총변동 부분을 가장 크게 설명하고 두 번째 주성분 $\xi_{2,t}$ 는 이를 두 번째로 가장 크게 설명하는 원데이터의 선형결합이다. 이를 수식으로 표현하면 식 (8), 또는 행렬기호를 사용한 식 (9)와 같다. 여기에서 주의할 것은 구성지표들의 다양한 선형결합이 있을 수 있기 때문에 이들 구성지표에 공통된 주성분이 하나 이상 존재한다. 이들 다양한 주성분 중에서 구성지표들의 총변동을 가장 잘 설명하는 주성분을 선택한다.¹⁰⁾

$$\begin{aligned} \xi_{i,t} &= w_{i1}R_{1,t} + w_{i2}R_{2,t} + \dots + w_{iN}R_{N,t}, \\ &\vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \end{aligned} \quad (8)$$

$$\xi_{K,t} = w_{K1}R_{1,t} + w_{K2}R_{2,t} + \dots + w_{KN}R_{N,t}$$

$$\xi = w'R, \quad w = w_{ij}, \quad (9)$$

$$i = 1, 2, \dots, N; j = 1, 2, \dots, K; K \leq N$$

주성분분석은 24개 업종을 모두 사용한 경우와 전체 제조업 판매량 중 상위 15개, 10개 업종을 활용한 경우 등 3가지 경우에 대해서 부문별 가중치를 산출하였다.

<표 3>은 제조업종별 전력판매량 증감률을 활용해 주성분분석을 시행한 결과 산출된 가중치이다. 본 연구에서는 설명력이 가장 높은 첫 번째 주성분만을 사용하였다. 주성분분석 결과 첫 번째 주성분의 설명력은 약 50% 이상의 높은 수준을 나타내고 있으며,¹¹⁾ 또한 첫 번째 주성분의 고유벡터(eigenvector) 부호가 제조업종의 전력 사용량과 경기 간에 예상되는 양(+)의 부호를 전부 나타내므로 첫 번째 주성분을 이용

해 가중치를 설정하였다.¹²⁾ 주성분분석 결과는 <부표 3>에 기재하였다. 또한 본 연구에서는 통계적 방식의 가중치 외에 통계청의 산업생산지수 산출시 활용되는 각 업종별 가중치¹³⁾[5]를 고려해 지수를 산출하였으며, 해당 가중치 역시 <표 3>에 나타났다.

<표 3> 업종별 가중치

| 업종 CODE | 24개 업종 (PCA) | 15개 업종 (PCA) | 10개 업종 (PCA) | 24개 업종 (부가가치) |
|---------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| c1 | 0.2417 | 0.3088 | - | 4.536 |
| c2 | 0.2005 | - | - | 0.860 |
| c3 | 0.1493 | - | - | 0.451 |
| c4 | 0.2406 | 0.3236 | 0.4136 | 1.677 |
| c5 | 0.2471 | - | - | 1.516 |
| c6 | 0.2502 | - | - | 0.440 |
| c7 | 0.1978 | - | - | 0.331 |
| c8 | 0.1164 | 0.1654 | 0.2322 | 1.324 |
| c9 | 0.2406 | - | - | 0.524 |
| c10 | 0.0246 | 0.0429 | 0.0814 | 4.918 |
| c11 | 0.2166 | 0.2969 | 0.3911 | 8.849 |
| c12 | 0.1976 | - | - | 1.505 |
| c13 | 0.2551 | 0.3354 | - | 4.397 |
| c14 | 0.1226 | 0.1815 | 0.2547 | 2.837 |
| c15 | 0.0860 | 0.1359 | 0.2106 | 8.641 |
| c16 | 0.2572 | 0.3354 | 0.4169 | 5.824 |
| c17 | 0.1114 | 0.1615 | 0.2385 | 18.734 |
| c18 | 0.0513 | 0.0763 | - | 1.546 |
| c19 | 0.2489 | 0.3293 | - | 5.006 |
| c20 | 0.2130 | 0.2828 | 0.3639 | 8.390 |
| c21 | 0.2248 | 0.3017 | 0.3783 | 11.239 |
| c22 | 0.2325 | 0.3081 | - | 5.288 |
| c23 | 0.2393 | - | - | 0.726 |
| c24 | 0.2499 | - | - | 0.443 |

이후 각각의 분석 경우별 신규지수의 종합증감률을 산출하기 위해 식 (10)을 활용해 최종 지수 시산

9) 천병철, 박나연[7] 제2장 내용 참조.

10) 보다 자세한 내용은 오승환 외[5] 제3장 내용 참조.

11) 각 주성분분석의 첫 번째 주성분의 설명력은 24개 업종을 활용한 경우 59%, 15개 업종을 활용한 경우 54%, 10개 업종을 활용한 경우 48% 수준으로 나타남.

12) 지수산출시 사용되는 주성분의 개수는 첫 번째 주성분만을 사용하는 경우, 고유값(Eigenvalue)이 1 이상인 주성분을 사용하는 경우, 누적설명력을 기준으로 하는 경우 등이 있음.

13) 통계청의 산업생산지수는 각 산업별 부가가치를 가중치로 고려해 지수를 산출.

을 위한 종합증감률을 산출하였다.

$$Z(t) = \sum_{i=1}^n w_{pc,i} \times v_i \times s_i^v \times c \quad (10)$$

새롭게 산출한 지수들 간의 상호비교가 용이하도록 식 (11)과 같이 제조업 GDP 추세를 목표추세로 하여 산출된 지수의 추세를 조정하였으며, 식 (12)의 방식으로 증감률을 누적한 후 2010년을 100으로 하는 지수를 산출하였다.

$$Z(t) = AR(t) + TAD, \quad TAD = \mu_{gdp} - \mu_{index} \quad (11)$$

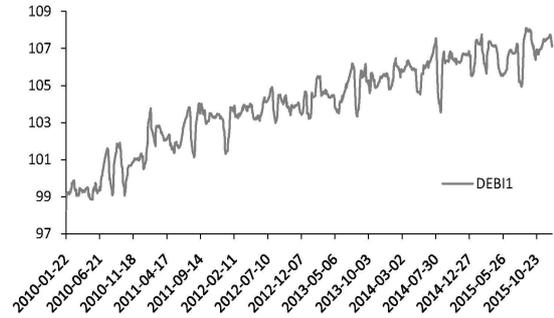
μ_{gdp} : 과거 GDP 일평균 증감률

$$Index(t) = Index(t-1) \times \frac{(200 + Z(t))}{(200 - Z(t))}, \quad (12)$$

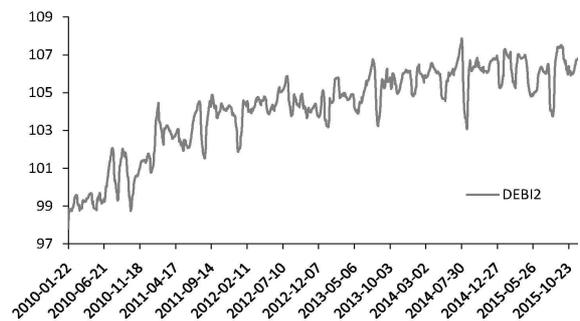
where $Index(1) = 100$

최종 일일전력경기지수(DEBI)는 앞의 과정을 통한 산출한 지수에 불규칙요인 제거를 위해 3주 말항 이동평균을 시행하였다. 아래 [그림 4]는 <표 3>에 나타난 4가지 경우 가중치를 고려해 최종적으로 시산한 일일전력경기지수(DEBI)를 나타내고 있다. 4개의 그래프는 모두 비슷한 추세를 보여주고 있으며, 2013년 이후 증가 추세가 둔화되는 모습을 보이고 있다.

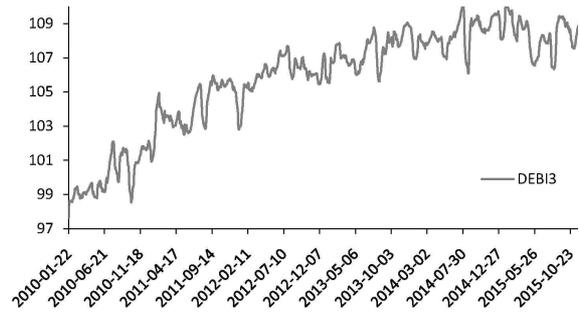
[그림 5]는 우리나라 경기를 대표적으로 보여주는 월간 경제지표인 산업생산지수와 일일전력경기지수(DEBI)를 비교한 그림이다.¹⁴⁾ 비교를 용이하게 하기 위해 일일전력경기지수(DEBI)는 평균값을 활용해 산업생산지수 집계 주기인 월별 수치로 변환하였다. 비교 결과 두 지표는 비슷한 추세를 보이 것으로 나타났다으며, 두 지수간의 상관계수는 <표 4>에서 확인할 수 있듯이 0.83~0.88 수준의 높은 양의 상관관계를 기록하였다.



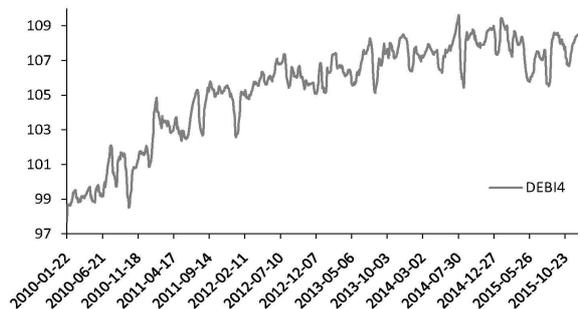
4-a : 24개 업종(PCA 가중치 활용)



4-b : 15개 업종 (PCA가중치 활용)



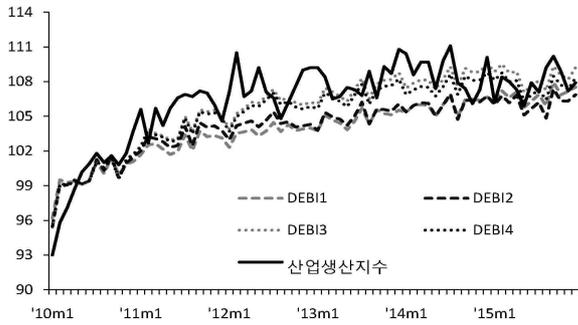
4-c : 10개 업종(PCA가중치 활용)



4-d : 24개 업종(부가가치 기준)

[그림 4] 일일전력경기지수(DEBI) 추이

14) 산업생산지수는 통계청에서 조사, 발표하는 제조업 기준 계절조정수치임.



주) 2010 = 100 기준.

[그림 5] 제조업산업생산지수와 DEBI 추이

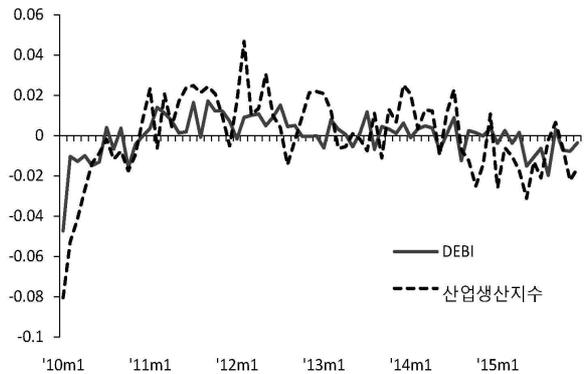
<표 4> 제조업산업생산지수와 DEBI 상관계수

| | DEBI1 | DEBI2 | DEBI3 | DEBI4 |
|---------------|--------|--------|--------|--------|
| 제조업 산업생산지수 | 0.8287 | 0.8763 | 0.8740 | 0.8802 |

본 연구에서는 일일전력경기지수(DEBI)의 적정성 검정을 위해 Hodrick-Prescott 필터 분해 후 산업생산지수와 비교를 시행하였다.¹⁵⁾ 일일전력경기지수(DEBI)의 월평균 값과 제조업중 산업생산지수를 로그 변환한 후 Hodrick-Prescott 필터를 시행한 결과는 [그림 6]과 같다. 두 지수 간에는 0.67의 높은 양의 상관관계가 있는 것으로 나타났으며, 일부 시기에서는 차이가 있으나, 대체적으로 정점과 저점의 발생시기가 비슷한 시점에서 발생하고 있어 일일전력경기지수(DEBI)가 우리나라의 경기를 설명하는데 있어 의미있는 결과는 제시하고 있는 것으로 판단된다. 또한 두 지수간의 동행성을 확인하기 위해 시차상관관계를 산출하였다. <표 5>에서 확인할 수 있듯이 두 지수는 동일 시차에서 가장 높은 상관계수를 기록해 동행성을 가지고 있는 것으로 판단된다. 이는 전력판매량 데이터가 일일 단위로 집계 가능함을 고려할 때, 해당월의 경기변동 추세를 익월 말일에 발표되는 산업생산지수에 비해 약 1개월가량 빠

15) 적정성 검사결과 산업생산지수와 가장 상관계수가 높은 DEBI2의 경우를 대상으로 본문의 내용을 작성하였음. DEBI1, DEBI3, DEBI4와 산업생산지수와 상관계수는 각각 0.6053, 0.6691, 0.6691을 기록하였음.

르게 확인할 수 있음을 의미한다.



[그림 6] 제조업산업생산지수와 DEBI2 비교: Hodrick-Prescott 필터 분해

<표 5> 제조업산업생산지수와 DEBI2 시차상관계수: Hodrick-Prescott 필터 분해

| t-3 | t-2 | t-1 | t | t+1 | t+2 | t+3 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0.3981 | 0.4642 | 0.4588 | 0.6699 | 0.4242 | 0.3572 | 0.3300 |

비록 일부 시점에서 일일전력경기지수(DEBI)는 상승(하락)한 반면 제조업산업생산지수는 하락(상승)하는 등 두 지표의 증감방향에 차이가 발생하는 모습을 보이고 있으나, 이는 제조업 생산에서의 전력과 타 에너지원(석유, 가스 등) 사용량 비중에 따른 오차와 산업별 가중치가 다르기 때문인 것으로 여겨진다.

일일전력경기지수(DEBI)는 이전까지 존재하지 않았던 새로운 경기지수로서 과거의 전통적인 경기지표와 어느 정도 오차가 발생하기는 하나 현재의 경기 상황을 일일 단위로 속도성 있게 설명할 수 있다는 점에서 경기동향 파악을 위한 보조지수로 충분히 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구는 최근 거시경제 연구분야에서 활용도가 확대되고 있는 고빈도의 변수를 활용한 분석을 일일 단위의 전력판매량 데이터에 적용하였다. 과거 대부분의 거시경제 분석은 활용가능한 설명변수의 한계로

인해 가장 많이 활용된 고빈도의 변수가 산업생산지수, 소비자 물가지수 등 월간단위 자료였다. 하지만 ICT 기술 발달 등으로 데이터의 수집 방식과 범위가 확대되면서 새로운 고빈도의 데이터 수집이 가능해졌고, 이에 따라 본 연구에서는 그동안 거시경제 분석에 활용하지 못했던 일일단위의 전력판매량을 활용해 새로운 지수를 산출하고, 경기판단 지표로서의 활용 가능성을 타진해 보았다.

국가의 경제정책 수립과 기업의 경영전략 수립을 위해서는 경기변동 상황을 정확히 파악할 필요가 있다. 이에 따라 경기상황을 잘 설명할 수 있으며 속보성을 가지고 있는 새로운 경기지수 개발이 요구되고 있다. 전력판매량은 다른 경제지표에 비해 조기에 관측되며, 국내 산업의 주요 생산자원으로 이용되고 있다는 점에서 경기변동과 밀접하게 연관되어 있다는 특성을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 계량경제학적 모델을 일일 전력판매량 통계에 적용해 현재 실물경기 변동을 잘 나타낼 수 있는 새로운 일간경기지수를 산출하였다.

새로운 실물경기지수 시산을 위해 경기변동 요인 이외에 전력수요에 영향을 미치는 휴일 및 기온 요소를 제거하는 전력수요함수를 적용하였다. 이후 주성분분석을 통해 산출한 제조업종별 가중치를 바탕으로 최종 일일전력경기지수(DEBI)를 시산하였다. 최종 지수와 기존의 경기지표인 산업생산지수와 비교한 결과 대체로 유사한 방향성을 보이는 것으로 나타났다. 이에 따라 본 연구에서 산출한 일일전력경기지수(DEBI)는 우리나라의 현재 경기상황을 나타내는 속보성 지수로서 한국은행 및 통계청에서 발표하는 분기 및 월간 경기지표의 보완지표로서 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 특히 금융위기 발생 같이 경제의 불확실성이 확대되고 경기 급변 가능성이 높아진 시기의 경우에는 경기판단이 어려워져 최대한 신속하고 시의성 높은 지표의 필요성이 증가하는 만큼 본 연구에서 제시한 일일경기지수(DEBI)는 정부의 정책수립과 기업의 전략수립에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 또한 일일전력경기지수(DEBI)를 설명변수로 한 새로운 거시경제 및 시계열 분석 연구도 향후 가능해질 것으로 여겨진다.

연구의 한계점 및 개선 방향으로는 다음의 몇 가지를 생각해 볼 수 있다. 본 연구에서는 일일전력판매량 데이터에서 계절적 요인을 제거한 경기변동 부분만을 추출하기 위해서 전력수요에 영향을 미치는 기온과 요일 특성을 통제하였으나, 해당 요인 이외에도 해당 시기의 전기요금, 전산화상(Electrification) 등을 추가로 고려해 볼 필요도 있을 것이다. 다음으로는 최종지수 산출에 적용하는 가중치 선택에 대한 문제이다. 본 연구에서는 주성분분석을 활용해 가중치를 산출하였으며, 분석기간에 동일한 가중치를 적용하였다. 하지만 지수의 적합성을 보다 제고하기 위해서는 시기별 특성을 고려한 가중치를 새롭게 산출해 이용하는 것도 생각해 볼 수 있다. 또한 향후에는 AMI의 보급확대 및 ICT 기술 발전으로 본 연구에서 사용된 산업분류 단위 보다 세분화된 산업별 데이터 수집이 가능하고 지역별로도 구분할 수 있다는 점을 고려하면, 새로운 세부 경기지수 개발도 가능할 것으로 전망된다. 마지막으로 전력판매량 데이터 외에 경기를 잘 설명할 수 있는 다양한 일일 단위의 속보성 경기 지표를 추가할 수 있다면 경기변동에 대한 설명력을 더욱 높일 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] 김인무, 김창식, 박성근, “에너지 상대가격 변화에 따른 에너지 수요 예측”, 경제학연구, 제59권, 제4호(2011), pp.199-228.
- [2] 나인강, “산업용 전력수요를 이용한 경기동행지수 개발 연구”, 에너지경제연구원 연구보고서 99-10, (1999), pp.1-96.
- [3] 박성근, “경기동향 파악을 위한 전력수요 활용 방안”, KIET 산업경제 산업경제분석 통권 193호(2014), pp.46-55.
- [4] 박성욱, 이규복, 이명환, 임형석, 장민, “KIF 금융상황지수”, 한국금융연구원 연구보고서 11-01, (2011), pp.1-166.
- [5] 오승환, 김태중, 광동철, “Electricity Consumption as an Indicator of Real Economic Status,”

- Journal of Distribution*, 제14권, 제3호(2016), pp.63-71.
- [6] 이승용, 남선우, 전현정, “우리나라의 금융상황 지수 작성 및 유용성 평가”, 한국은행 조사통계월보, (2014), pp.15-45.
- [7] 천병철, 박나연, “금융변수의 공통요인을 이용한 금융상황지수 개발”, 한국은행 조사통계월보, (2007), pp.23-43.
- [8] 통계청, “2015년 12월 및 연간 산업활동동향”, 통계청 보도자료, (2016).
- [9] 통계청, “2015년 12월 경기종합지수”, 2016.
- [10] Arora, V. and J. Lieskovsky, “Electricity Use as an Indicator of U.S. Economic Activity”, *EIA Working Paper*, (2014), pp.1-16.
- [11] Baribura, M., D. Giannone, M. Modugno and L. Reichlin, “Now-Casting and The Real-Time Data Flow,” *ECB Working Paper*, No. 1564(2013), pp.1-53.
- [12] Carcedo, J. and J. Vicens-Otero, “Modelling the non-linear response of Spanish electricity demand to temperature variations,” *Energy Economics*, Vol.27, No.3(2005), pp.477-494.
- [13] Cavallo, A., “Online and official price indexes : Measuring Argentina’s inflation,” *Journal of Monetary Economics*, Vol.60, No.2(2013), pp.152-165.
- [14] Chang, Y., C.S. Kim, J.I. Miller, J.Y. Park, and S. Park, “Time-varying Long-run Income and Output Elasticities of Electricity Demand with an Application to Korea,” *Energy Economics*, Vol.46(2014), pp.334-347.
- [15] Ferguson, R., W. Wilkinson, and R. Hill, “Electricity use and economic development,” *Energy Policy*, Vol.28, No.13(2000), pp.923-934.
- [16] Hara, N. and S. Yamane, “New Monthly Estimation Approach for Nowcasting GDP Growth: The Case of Japn,” *BOJ Working Paper*, No.13-E-14 (2013), pp.1-27.
- [17] Hatzius, J., P. Hooper, F.S. Mishikin, K.L. Schoenholtz, and M.W. Watson, “Financial Conditions Indexes : A Fresh Look after the Financial Crisis,” *NBER Working Paper*, No. 16150(2010), pp.1-58.
- [18] Pardo, A., V. Meneu, and E. Valor, “Temperature and seasonality influences on Spanish electricity load,” *Energy Economics*, Vol.24, No.1(2002), pp.55-70.
- [19] Stock, J. and M. Watson, “Macroeconomic Forecasting Using Diffusion Indexes,” *Journal of Business & Economic Statistics*, Vol.20, No. 2(2002), pp.147-162.

<부표 1> 업종별 모형 식 (1) 추정결과

| 일형/업종 | c1 | c2 | c3 | c4 | c5 | c6 | c7 | c8 | c9 | c10 | c11 | c12 |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 근무일($\hat{\beta}_0$) | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 월요일($\hat{\beta}_1$) | -0.07 | -0.07 | -0.09 | -0.07 | -0.11 | -0.09 | -0.03 | -0.02 | -0.12 | | -0.04 | -0.04 |
| 토요일($\hat{\beta}_2$) | -0.23 | -0.27 | -0.44 | -0.08 | -0.31 | -0.33 | -0.16 | -0.03 | -0.31 | | -0.07 | -0.22 |
| 일요일($\hat{\beta}_3$) | -0.41 | -0.40 | -0.64 | -0.22 | -0.62 | -0.66 | -0.33 | -0.06 | -0.60 | -0.01 | -0.13 | -0.32 |
| 휴일($\hat{\beta}_4$) | -0.23 | -0.27 | -0.57 | -0.11 | -0.37 | -0.38 | -0.20 | -0.04 | -0.40 | -0.01 | -0.07 | -0.24 |
| 샌드위치일($\hat{\beta}_5$) | -0.06 | -0.07 | -0.28 | -0.03 | -0.09 | -0.10 | -0.05 | -0.03 | -0.11 | | | -0.08 |
| 명절-2($\hat{\beta}_6$) | -0.22 | -0.26 | -0.33 | -0.11 | -0.31 | -0.34 | -0.20 | -0.12 | -0.31 | | -0.08 | -0.23 |
| 명절-1($\hat{\beta}_7$) | -0.52 | -0.56 | -0.79 | -0.45 | -0.78 | -0.77 | -0.52 | -0.39 | -0.77 | -0.02 | -0.20 | -0.43 |
| 명절($\hat{\beta}_8$) | -0.60 | -0.65 | -0.83 | -0.56 | -0.86 | -0.83 | -0.59 | -0.47 | -0.84 | -0.02 | -0.23 | -0.45 |
| 명절+1($\hat{\beta}_9$) | -0.55 | -0.64 | -0.80 | -0.56 | -0.85 | -0.81 | -0.59 | -0.46 | -0.81 | | -0.22 | -0.44 |
| 명절+2($\hat{\beta}_{10}$) | -0.35 | -0.46 | -0.59 | -0.44 | -0.67 | -0.66 | -0.43 | -0.32 | -0.57 | | -0.17 | -0.34 |
| 명절+3($\hat{\beta}_{11}$) | -0.19 | -0.23 | -0.25 | -0.21 | -0.34 | -0.34 | -0.18 | -0.12 | -0.27 | | -0.09 | -0.18 |
| 하계휴가($\hat{\beta}_{12}$) | -0.03 | -0.01 | | -0.05 | -0.17 | -0.20 | -0.07 | | -0.14 | | -0.04 | -0.09 |
| RMSE | 0.03 | 0.05 | 0.10 | 0.03 | 0.06 | 0.06 | 0.04 | 0.03 | 0.06 | 0.02 | 0.02 | 0.04 |

| 일형/업종 | c13 | c14 | c15 | c16 | c17 | c18 | c19 | c20 | c21 | c22 | c23 | c24 |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 근무일($\hat{\beta}_0$) | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 1.00 | 1.00 | 1.01 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 월요일($\hat{\beta}_1$) | -0.11 | -0.05 | -0.03 | -0.10 | -0.02 | 0.00 | -0.12 | -0.07 | -0.12 | -0.07 | -0.08 | -0.07 |
| 토요일($\hat{\beta}_2$) | -0.21 | -0.05 | -0.02 | -0.24 | -0.04 | | -0.23 | -0.18 | -0.22 | -0.23 | -0.32 | -0.26 |
| 일요일($\hat{\beta}_3$) | -0.44 | -0.10 | -0.05 | -0.53 | -0.08 | -0.02 | -0.45 | -0.38 | -0.49 | -0.41 | -0.64 | -0.49 |
| 휴일($\hat{\beta}_4$) | -0.26 | -0.03 | -0.03 | -0.34 | -0.07 | -0.01 | -0.28 | -0.26 | -0.32 | -0.26 | -0.39 | -0.33 |
| 샌드위치일($\hat{\beta}_5$) | -0.09 | | -0.03 | -0.09 | | | -0.09 | -0.06 | -0.10 | -0.06 | -0.10 | -0.08 |
| 명절-2($\hat{\beta}_6$) | -0.25 | -0.12 | -0.07 | -0.28 | -0.05 | -0.06 | -0.24 | -0.21 | -0.25 | -0.28 | -0.36 | -0.27 |
| 명절-1($\hat{\beta}_7$) | -0.69 | -0.25 | -0.34 | -0.71 | -0.12 | -0.74 | -0.61 | -0.49 | -0.68 | -0.65 | -0.75 | -0.59 |
| 명절($\hat{\beta}_8$) | -0.77 | -0.36 | -0.45 | -0.80 | -0.16 | -0.84 | -0.71 | -0.57 | -0.76 | -0.71 | -0.82 | -0.65 |
| 명절+1($\hat{\beta}_9$) | -0.75 | -0.34 | -0.41 | -0.77 | -0.14 | -0.83 | -0.68 | -0.54 | -0.73 | -0.69 | -0.79 | -0.62 |
| 명절+2($\hat{\beta}_{10}$) | -0.53 | -0.30 | -0.35 | -0.57 | -0.09 | -0.76 | -0.51 | -0.38 | -0.57 | -0.51 | -0.57 | -0.46 |
| 명절+3($\hat{\beta}_{11}$) | -0.26 | -0.16 | -0.16 | -0.28 | -0.04 | -0.40 | -0.26 | -0.18 | -0.31 | -0.26 | -0.29 | -0.23 |
| 하계휴가($\hat{\beta}_{12}$) | -0.16 | -0.03 | -0.02 | -0.18 | -0.02 | | -0.17 | -0.10 | -0.33 | -0.18 | -0.14 | -0.11 |
| RMSE | 0.05 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.03 | 0.08 | 0.04 | 0.04 | 0.06 | 0.05 | 0.05 | 0.04 |

주) RMSE는 Root Mean Squared Error.

<부표 2> 업종별 모형 식 (2) 추정결과

| 변수/업종 | c1 | | c2 | | c3 | | c4 | | c5 | | c6 | |
|---------------------|-------|---------|-------|---------|--------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|
| | 추정치 | t-value | 추정치 | t-value | 추정치 | t-value | 추정치 | t-value | 추정치 | t-value | 추정치 | t-value |
| α_0 | 16.23 | 117.72 | 13.85 | 72.12 | 10.42 | 18.84 | 16.84 | 133.62 | 13.12 | 34.85 | 13.14 | 35.68 |
| α_1 | 0.00 | 9.49 | 0.00 | 3.79 | 0.00 | 4.43 | 0.00 | 11.02 | 0.00 | 4.75 | 0.00 | 2.62 |
| α_2 | 0.00 | -4.15 | 0.00 | -2.57 | 0.00 | -1.35 | 0.00 | -8.19 | 0.00 | -4.37 | 0.00 | -2.77 |
| α_3 | 0.00 | 2.86 | 0.00 | 2.84 | 0.00 | -0.05 | 0.00 | 5.02 | 0.00 | 3.21 | 0.00 | 2.35 |
| α_4 | 2.84 | 4.28 | 4.40 | 4.92 | 11.76 | 4.23 | 1.79 | 2.72 | 3.74 | 1.92 | 5.68 | 3.06 |
| $\beta_{1,1}^{(i)}$ | -2.59 | -4.12 | -3.96 | -4.76 | -11.32 | -4.15 | -1.82 | -2.75 | -3.69 | -1.92 | -5.73 | -3.16 |
| $\beta_{1,2}^{(i)}$ | 0.25 | 6.17 | 0.36 | 6.79 | 0.84 | 4.69 | 0.13 | 3.04 | 0.30 | 2.43 | 0.42 | 3.64 |
| $\beta_{2,1}^{(i)}$ | 0.03 | 2.02 | 0.01 | 0.73 | 0.11 | 2.06 | 0.00 | 0.17 | 0.10 | 3.57 | 0.09 | 3.07 |
| $\beta_{1,2}^{(i)}$ | 1.03 | 158.80 | 1.07 | 110.13 | 1.08 | 60.90 | 1.03 | 146.37 | 1.02 | 128.84 | 1.04 | 143.92 |
| MAPE(%) | 0.033 | | 0.049 | | 0.145 | | 0.022 | | 0.057 | | 0.058 | |
| 변수/업종 | c7 | | c8 | | c9 | | c10 | | c11 | | c12 | |
| | 추정치 | t-value | 추정치 | t-value | 추정치 | t-value | 추정치 | t-value | 추정치 | t-value | 추정치 | t-value |
| α_0 | 14.73 | 69.77 | 16.51 | 105.90 | 13.68 | 37.75 | 16.67 | 90.86 | 17.68 | 120.56 | 13.69 | 48.26 |
| α_1 | 0.00 | -3.01 | 0.00 | 4.19 | 0.00 | 2.86 | 0.00 | 5.06 | 0.00 | 12.66 | 0.00 | 1.42 |
| α_2 | 0.00 | 6.68 | 0.00 | -2.75 | 0.00 | -2.60 | 0.00 | -1.42 | 0.00 | -5.10 | 0.00 | 4.71 |
| α_3 | 0.00 | -7.34 | 0.00 | 1.79 | 0.00 | 2.16 | 0.00 | 0.29 | 0.00 | 3.18 | 0.00 | -4.71 |
| α_4 | 3.59 | 3.27 | 2.52 | 3.06 | 6.48 | 3.49 | 1.85 | 2.10 | 2.54 | 3.66 | 5.91 | 4.03 |
| $\beta_{1,1}^{(i)}$ | -3.79 | -3.49 | -2.70 | -3.27 | -6.20 | -3.39 | -1.59 | -1.92 | -2.51 | -3.85 | -5.26 | -3.62 |
| $\beta_{1,2}^{(i)}$ | 0.25 | 3.59 | 0.18 | 3.40 | 0.51 | 4.37 | 0.14 | 2.45 | 0.18 | 4.22 | 0.47 | 5.11 |
| $\beta_{2,1}^{(i)}$ | 0.02 | 1.00 | -0.01 | -1.06 | 0.19 | 6.86 | 0.04 | 2.25 | 0.00 | 0.06 | 0.08 | 3.72 |
| $\beta_{1,2}^{(i)}$ | 0.98 | 42.68 | 1.14 | 12.98 | 1.04 | 112.48 | 0.71 | 2.19 | 1.01 | 67.09 | 1.00 | 106.32 |
| MAPE(%) | 0.042 | | 0.029 | | 0.063 | | 0.040 | | 0.028 | | 0.044 | |
| 변수/업종 | c13 | | c14 | | c15 | | c16 | | c17 | | c18 | |
| | 추정치 | t-value | 추정치 | t-value | 추정치 | t-value | 추정치 | t-value | 추정치 | t-value | 추정치 | t-value |
| α_0 | 15.85 | 56.27 | 17.02 | 85.06 | 17.72 | 71.61 | 15.86 | 46.32 | 17.99 | 225.59 | 15.38 | 46.63 |
| α_1 | 0.00 | 2.71 | 0.00 | 2.52 | 0.00 | 3.88 | 0.00 | 4.74 | 0.00 | 20.31 | 0.00 | 4.47 |
| α_2 | 0.00 | 0.36 | 0.00 | -1.94 | 0.00 | 1.66 | 0.00 | -2.66 | 0.00 | -6.88 | 0.00 | -4.16 |
| α_3 | 0.00 | -1.39 | 0.00 | 2.35 | 0.00 | -3.40 | 0.00 | 1.82 | 0.00 | 0.89 | 0.00 | 3.60 |
| α_4 | 5.19 | 3.66 | 0.54 | 0.57 | 3.37 | 2.57 | 5.62 | 3.26 | 0.77 | 1.91 | 4.77 | 2.85 |
| $\beta_{1,1}^{(i)}$ | -5.15 | -3.70 | -0.58 | -0.66 | -3.65 | -2.78 | -5.67 | -3.36 | -0.45 | -1.14 | -5.11 | -3.10 |
| $\beta_{1,2}^{(i)}$ | 0.36 | 4.12 | -0.06 | -0.98 | 0.21 | 2.47 | 0.39 | 3.69 | 0.08 | 3.00 | 0.33 | 3.09 |
| $\beta_{2,1}^{(i)}$ | 0.04 | 1.68 | -0.05 | -2.10 | -0.05 | -2.98 | 0.08 | 2.87 | 0.05 | 6.49 | -0.05 | -1.51 |
| $\beta_{1,2}^{(i)}$ | 1.05 | 97.40 | 1.12 | 26.39 | 0.97 | 19.64 | 1.02 | 121.17 | 1.07 | 45.80 | 1.05 | 39.13 |
| MAPE(%) | 0.042 | | 0.051 | | 0.045 | | 0.045 | | 0.017 | | 0.082 | |
| 변수/업종 | c19 | | c20 | | c21 | | c22 | | c23 | | c24 | |
| | 추정치 | t-value | 추정치 | t-value | 추정치 | t-value | 추정치 | t-value | 추정치 | t-value | 추정치 | t-value |
| α_0 | 15.08 | 46.75 | 16.64 | 41.69 | 16.47 | 40.98 | 14.80 | 35.25 | 13.37 | 38.47 | 14.13 | 54.09 |
| α_1 | 0.00 | 4.04 | 0.00 | 5.81 | 0.00 | 5.80 | 0.00 | 4.74 | 0.00 | 5.24 | 0.00 | -1.10 |
| α_2 | 0.00 | -1.89 | 0.00 | -2.74 | 0.00 | -2.65 | 0.00 | -4.16 | 0.00 | -4.72 | 0.00 | 0.63 |
| α_3 | 0.00 | 1.37 | 0.00 | 2.02 | 0.00 | 1.61 | 0.00 | 3.94 | 0.00 | 4.68 | 0.00 | 1.78 |
| α_4 | 6.84 | 4.27 | 2.17 | 1.01 | 5.70 | 2.70 | 9.05 | 4.15 | 4.22 | 2.38 | 4.19 | 3.21 |
| $\beta_{1,1}^{(i)}$ | -6.64 | -4.26 | -1.77 | -0.82 | -5.62 | -2.67 | -8.72 | -4.02 | -4.36 | -2.51 | -3.92 | -3.10 |
| $\beta_{1,2}^{(i)}$ | 0.48 | 4.93 | 0.19 | 1.40 | 0.40 | 2.96 | 0.65 | 4.77 | 0.31 | 2.80 | 0.35 | 4.44 |
| $\beta_{2,1}^{(i)}$ | 0.08 | 2.93 | 0.15 | 5.03 | 0.07 | 2.58 | 0.13 | 4.29 | 0.15 | 5.65 | 0.16 | 7.40 |
| $\beta_{1,2}^{(i)}$ | 1.03 | 101.92 | 0.98 | 60.27 | 1.06 | 81.35 | 1.02 | 102.02 | 1.03 | 109.26 | 1.04 | 154.52 |
| MAPE(%) | 0.050 | | 0.055 | | 0.056 | | 0.056 | | 0.055 | | 0.040 | |

주) MAPE는 Mean Absolute Percentage Error.

<부표 3> 주성분분석(PCA) 결과

1-a. (24개 업종) 주성분별 고유근 및 설명력

| Component | Eigenvalue | Proportion Explained | Cumulative Proportion |
|-----------|------------|----------------------|-----------------------|
| Comp1 | 14.0542 | 0.5856 | 0.5856 |
| Comp2 | 1.6584 | 0.0691 | 0.6547 |
| Comp3 | 1.2318 | 0.0513 | 0.7060 |
| Comp4 | 0.9183 | 0.0383 | 0.7443 |
| Comp5 | 0.8585 | 0.0358 | 0.7800 |
| Comp6 | 0.7856 | 0.0327 | 0.8128 |
| Comp7 | 0.6809 | 0.1718 | 0.0284 |
| ... | ... | ... | ... |
| Comp24 | 0.0301 | 0.0013 | 1.0000 |

1-b. (24개 업종) 성분별 고유벡터

| Variable | Comp1 | Comp2 | Comp3 | Comp4 | Comp5 | Comp6 | Comp7 | ... | Comp24 |
|----------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----|---------|
| c1 | 0.2417 | -0.0695 | -0.1224 | 0.0094 | 0.0748 | 0.0611 | 0.0534 | ... | -0.1717 |
| c2 | 0.2005 | -0.0664 | -0.1371 | 0.0768 | 0.3383 | 0.0666 | 0.1596 | ... | 0.0421 |
| c3 | 0.1493 | -0.0304 | -0.1526 | 0.2511 | 0.6728 | 0.0330 | 0.0036 | ... | -0.0175 |
| c4 | 0.2406 | -0.0052 | 0.1272 | -0.1000 | -0.0923 | -0.0065 | 0.0216 | ... | 0.0489 |
| c5 | 0.2471 | -0.0817 | -0.0357 | 0.0376 | -0.1382 | -0.0310 | -0.0867 | ... | 0.1099 |
| c6 | 0.2502 | -0.0852 | 0.0167 | -0.0507 | -0.1515 | 0.0280 | 0.0738 | ... | 0.0270 |
| c7 | 0.1978 | 0.0681 | 0.0194 | 0.0144 | -0.2158 | -0.0499 | -0.2860 | ... | 0.0231 |
| c8 | 0.1164 | 0.1046 | 0.3280 | -0.3446 | 0.2725 | 0.6407 | -0.4588 | ... | -0.0197 |
| c9 | 0.2406 | -0.1078 | -0.0534 | -0.0207 | -0.1160 | 0.1567 | 0.0097 | ... | 0.0353 |
| c10 | 0.0246 | 0.5610 | -0.3872 | -0.2191 | -0.0655 | 0.2465 | 0.2081 | ... | 0.0130 |
| c11 | 0.2166 | 0.1836 | 0.0465 | -0.0524 | 0.0655 | -0.1276 | 0.0605 | ... | -0.0481 |
| c12 | 0.1976 | -0.0089 | -0.2312 | 0.2175 | 0.2631 | -0.1470 | -0.1241 | ... | -0.0129 |
| c13 | 0.2551 | -0.0448 | 0.0549 | -0.0341 | -0.0429 | 0.0349 | 0.0330 | ... | 0.3150 |
| c14 | 0.1226 | 0.0378 | 0.5485 | -0.2784 | 0.1976 | -0.1860 | 0.5401 | ... | 0.0109 |
| c15 | 0.0860 | 0.4532 | 0.3363 | 0.0745 | 0.1145 | -0.4843 | -0.4045 | ... | 0.0176 |
| c16 | 0.2572 | -0.0643 | 0.0350 | -0.0171 | -0.1312 | -0.0140 | 0.0097 | ... | -0.8749 |
| c17 | 0.1114 | 0.5484 | -0.2016 | -0.0849 | -0.0322 | -0.0147 | 0.1798 | ... | -0.0113 |
| c18 | 0.0513 | 0.2417 | 0.3575 | 0.7655 | -0.1762 | 0.3805 | 0.1967 | ... | 0.0066 |
| c19 | 0.2489 | -0.0328 | 0.0097 | -0.0008 | 0.0070 | -0.0701 | 0.0229 | ... | 0.0988 |
| c20 | 0.2130 | 0.0613 | -0.1098 | 0.0881 | -0.1539 | -0.1350 | -0.2332 | ... | 0.0429 |
| c21 | 0.2248 | -0.0890 | 0.0496 | -0.1128 | -0.0476 | -0.0028 | 0.1407 | ... | 0.1075 |
| c22 | 0.2325 | -0.0412 | -0.0423 | 0.0357 | 0.0349 | -0.0900 | 0.0152 | ... | 0.0652 |
| c23 | 0.2393 | -0.1033 | -0.0388 | -0.0024 | -0.1618 | 0.0440 | -0.0170 | ... | 0.2354 |
| c24 | 0.2499 | -0.0552 | -0.0651 | -0.0067 | -0.0888 | 0.0636 | 0.0264 | ... | 0.0209 |

2-a. (15개 업종) 주성분별 고유근 및 설명력

| Component | Eigenvalue | Proportion Explained | Cumulative Proportion |
|-----------|------------|----------------------|-----------------------|
| Comp1 | 8.0377 | 0.5358 | 0.5358 |
| Comp2 | 1.5662 | 0.1044 | 0.6403 |
| Comp3 | 1.1324 | 0.0755 | 0.7158 |
| Comp4 | 0.8788 | 0.0586 | 0.7743 |
| Comp5 | 0.7557 | 0.0504 | 0.8247 |
| Comp6 | 0.6366 | 0.0424 | 0.8672 |
| Comp7 | 0.4359 | 0.0291 | 0.8962 |
| ... | ... | ... | ... |
| Comp15 | 0.0457 | 0.0030 | 1.0000 |

2-b. (15개 업종) 성분별 고유벡터

| Variable | Comp1 | Comp2 | Comp3 | Comp4 | Comp5 | Comp6 | Comp7 | ... | Comp15 |
|----------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----|---------|
| c1 | 0.3088 | -0.0912 | -0.1662 | -0.0523 | 0.0730 | 0.0168 | -0.0915 | ... | -0.0723 |
| c4 | 0.3236 | -0.0753 | 0.0187 | 0.0267 | 0.0124 | 0.0385 | -0.0969 | ... | -0.0363 |
| c8 | 0.1654 | 0.0397 | 0.3014 | 0.5094 | 0.7075 | -0.3113 | -0.0827 | ... | -0.0270 |
| c10 | 0.0429 | 0.6235 | -0.3410 | 0.1294 | 0.2120 | 0.2772 | 0.5351 | ... | 0.0117 |
| c11 | 0.2969 | 0.1249 | 0.0074 | 0.0430 | -0.1068 | 0.0490 | -0.0861 | ... | -0.0775 |
| c13 | 0.3354 | -0.0979 | -0.0300 | -0.0287 | 0.0452 | 0.0221 | -0.0283 | ... | 0.6594 |
| c14 | 0.1815 | -0.0726 | 0.4765 | 0.3802 | -0.2678 | 0.6326 | -0.0213 | ... | -0.0008 |
| c15 | 0.1359 | 0.3882 | 0.4188 | 0.0971 | -0.4894 | -0.5454 | 0.2511 | ... | 0.0180 |
| c16 | 0.3354 | -0.1113 | -0.0538 | -0.0711 | 0.0018 | -0.0078 | 0.0776 | ... | -0.7289 |
| c17 | 0.1615 | 0.5642 | -0.1546 | 0.0283 | -0.0710 | 0.1269 | -0.6419 | ... | -0.0123 |
| c18 | 0.0763 | 0.2131 | 0.5350 | -0.7168 | 0.3373 | 0.1736 | 0.0438 | ... | 0.0016 |
| c19 | 0.3293 | -0.0881 | -0.0649 | -0.0530 | -0.0397 | -0.0207 | 0.0565 | ... | 0.0499 |
| c20 | 0.2828 | 0.0243 | -0.1659 | -0.1837 | -0.0537 | -0.2636 | -0.2038 | ... | 0.0577 |
| c21 | 0.3017 | -0.1472 | -0.0746 | 0.0074 | 0.0078 | 0.0760 | 0.2724 | ... | 0.0815 |
| c22 | 0.3081 | -0.0912 | -0.1055 | -0.0861 | -0.0325 | -0.0439 | 0.2801 | ... | 0.0863 |

3-a. (10개 업종) 주성분별 고유근 및 설명력

| Component | Eigenvalue | Proportion Explained | Cumulative Proportion |
|-----------|------------|----------------------|-----------------------|
| Comp1 | 4.8270 | 0.4827 | 0.4827 |
| Comp2 | 1.4759 | 0.1476 | 0.6303 |
| Comp3 | 0.9551 | 0.0955 | 0.7258 |
| Comp4 | 0.7698 | 0.0770 | 0.8028 |
| Comp5 | 0.6434 | 0.0643 | 0.8671 |
| Comp6 | 0.4174 | 0.0417 | 0.9089 |
| Comp7 | 0.3356 | 0.0336 | 0.9424 |
| ... | ... | ... | ... |
| Comp10 | 0.0888 | 0.0089 | 1.0000 |

3-b. (10개 업종) 성분별 고유벡터

| Variable | Comp1 | Comp2 | Comp3 | Comp4 | Comp5 | Comp6 | Comp7 | ... | Comp10 |
|----------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----|---------|
| c4 | 0.4136 | -0.1462 | -0.0980 | 0.0134 | 0.0235 | 0.0105 | -0.0986 | ... | 0.4308 |
| c8 | 0.2322 | -0.0603 | 0.4127 | 0.8014 | -0.3300 | -0.1143 | -0.0250 | ... | -0.0195 |
| c10 | 0.0814 | 0.6867 | -0.1277 | 0.2911 | 0.2881 | 0.5611 | -0.0235 | ... | 0.0052 |
| c11 | 0.3911 | 0.0622 | -0.0237 | -0.0883 | 0.0558 | 0.0431 | -0.5728 | ... | -0.0148 |
| c14 | 0.2547 | -0.2133 | 0.5311 | -0.1098 | 0.6884 | -0.0243 | -0.0841 | ... | -0.0129 |
| c15 | 0.2106 | 0.2789 | 0.5717 | -0.4821 | -0.4710 | 0.2534 | 0.1741 | ... | 0.0136 |
| c16 | 0.4169 | -0.1631 | -0.2040 | -0.0206 | -0.0248 | 0.1041 | 0.1624 | ... | -0.8235 |
| c17 | 0.2385 | 0.5592 | -0.0375 | -0.0528 | 0.1260 | -0.7482 | 0.2187 | ... | -0.0305 |
| c20 | 0.3639 | -0.0073 | -0.3323 | -0.1252 | -0.2916 | -0.0546 | -0.3182 | ... | 0.1588 |
| c21 | 0.3783 | -0.1924 | -0.2020 | 0.0408 | 0.0843 | 0.1781 | 0.6695 | ... | 0.3303 |