

기초연구지원사업의 재정소요 전망 도출을 위한 시계열 모형 수립 연구*

윤수진** · 이상경*** · 엄경환**** · 신에리*****

<목 차>

- I. 서론
- II. 이론적 배경 및 선행연구 고찰
- III. 연구방법
- IV. 연구결과
- V. 결론

국문초록 : 기초연구 분야는 정부의 적극적인 지원으로 양적 확대가 큰 폭으로 이루어지는 반면, 체계적인 투자계획이나 데이터에 기반한 재정소요를 제시하는 연구 및 정책자료가 전무하여 관련 연구가 요구되는 시점이다. 이에 본 연구는 시계열 예측모형을 활용하여 기초연구지원사업의 향후 재정소요를 전망하였다. 기초연구분야의 특성을 포함한 다양한 요인들을 종합적으로 고려하기 위하여 시간에 따른 단일 종속변수의 값을 예측하는 ARIMA 모형이

* 본 연구는 한국과학기술기획평가원에서 2018년 발간된 연구보고인 “재정소요 전망에 따른 기초연구분야 중장기 투자포트폴리오 수립 연구”(과제고유번호 1711062592)의 내용 중 일부를 발췌하여 수정·보완, 2018년 한국정책학회 춘계학술대회에 발표된 논문을 수정·보완하였음.

** 한국과학기술기획평가원 부연구위원 (yun@kistep.re.kr)

*** 한국과학기술기획평가원 연구원 (sangkyoung@kistep.re.kr)

**** 국토교통과학기술진흥원 연구원 (khyeom@kaia.re.kr)

***** 한국과학기술기획평가원 부연구위원 (alshin@kistep.re.kr)

아닌, 다변수의 영향을 반영할 수 있는 ARIMAX 모형을 선택하였다. 모형 적합성 판단을 위해 ARIMAX 모형과 ARIMA 모형의 예측값을 비교한 결과 ARIMAX 모형에서 예측오차가 개선됨을 확인하였다. ARIMAX 모형에 기반하여 2017년에서 2021년까지 5년 간의 기초연구지원사업 재정소요를 전망하였다. 본 연구는 기초연구지원사업의 재정소요를 통계적 접근방법인 시계열모형을 적용해 전망한 시범적 연구를 수행하였다는 점과, 단변량이 아닌 다변량을 고려하여 예측력을 개선했다는 점에서 의의를 지닌다. 또한 현 정부 국정과제인 ‘기초연구 예산 2배 확대’ 등 기초연구 투자의 중요성이 꾸준히 강조되는 정책기조를 고려할 때 향후 기초연구 투자전략 수립 시 참고자료로 활용 될 수 있다.

주제어 : 기초연구지원사업, 재정소요전망, 시계열모형, ARIMAX

A Study on Establishment of Time Series Model for Deriving Financial Outlook of Basic Research Support Programs

Sujin Yun · Sangkyoung Lee · Kyunghwan Yeom · Aelee Shin

Abstract : In the basic research field, quantitative expansion is carried out with active support from the government, but there is no research and policy data suggesting systematic investment plans or data-based financial requirements yet. Therefore, this study predicted future financial requirements of basic research support programs by using time series prediction model. In order to consider various factors including the characteristics of the basic research field, we selected the ARIMAX model which can reflect the effect of multi valuable factors rather than the ARIMA model which predicts the value of single factor over time. We compared the predictions of ARIMAX and ARIMA models for model suitability and found that the ARIMAX model improves the prediction error rate. Based on the ARIMAX model, we predicted the fiscal spending of basic research support programs for five years from 2017 to 2021. This study has significance in that it considers the financial requirements of the basic research support programs as a pilot research conducted by applying a time series model, which is a statistical approach, and multi-variate rather than single-variate. In addition, considering the policy trends that emphasize the importance of basic research investment such as 'the expansion of basic research budget twice ', which is the current government's national policy task, it can be used as reference data in establishing basic research investment strategy.

Key word : Basic science research support program, Financial Outlook,, Time series model, ARIMAX

I. 서론

현재는 지식기반 경제의 도래와 함께 더 이상 기술모방 전략으로 경제성장을 이룰 수 없는 단계로 진입하고 있다. 오랜 경기침체를 극복하고 새로운 성장을 위한 제도약이 요구되는 시기로, 경제, 환경, 사회적 난제 해결 등의 중장기적 이슈해결 및 신성장동력 창출을 위한 주요 방안 중 하나로 창의적인 기초연구¹⁾의 역할이 강조되고 있다. 하지만 기초연구는 타 분야와 달리 투자성과가 도출되는데 오랜 시간이 걸리고, 활용분야를 특정하기 어려운 경우가 많아 민간기업 보다는 정부에서 주도적으로 지원한다. 미국, 유럽 등 선진국은 기초연구에 대한 지속적인 지원의 필요성을 인식하고 각국의 특성에 맞는 지원체계를 확립하여 정부지원을 적극적으로 추진하고 있다(신은정, 2016). 우리나라도 기초연구 지원의 중요성에 대한 사회적 인식이 공유되면서 2007년부터 2016년까지 연평균 13.6%의 증가율로 기초연구 투자가 확대되었고 2017년(예산 기준)에는 기초연구 투자비중이 전체 정부 연구개발비 중 40%에 도달하였다(신애리·윤수진, 2017: 2-4).

반면, 지속적인 양적 확대에 비해 질적 성장이 더더 연구개발투자의 효율이 떨어진다는 지적이 제기되기도 한다(이현숙 외, 2011: 3-4). 이에 대한 원인으로 투자규모에 비해 미흡한 지원전략 및 지원체계, 정량적 분석 및 객관적 평가를 기반으로 한 투자전략의 부재 등을 꼽을 수 있다(이우성·박미영·김보현, 2014: 1-3). 또한 증가한 투자에 비해 연구자들이 직접적으로 느끼는 현장 체감도는 낮아 정책 목표와 실제 정책 결과 사이의 온도차가 존재하는 문제 또한 지적되어오고 있다(문관식·황은혜·신애리, 2016: 319-320). 이는 기초연구분야에 대한 지원이 효율적, 효과적으로 이루어지지 않고 있다는 것을 방증하며, 개선을 위한 적극적인 논의가 요구된다는 점을 시사한다.

더욱이 현 문재인 정부는 과학기술의 미래역량 확충을 위해 기초연구의 중요성을 강조하면서 ‘연구자 주도 기초연구지원 예산 2배 확대’를 정책기조로 내세우고 있어(국정기획자문위원회, 2017: 66), 계속되는 양적 확대에 걸맞는 내실화가 요구된다. 기존의 기초연구 투자와 관련된 연구들은 대부분 기초연구 분야의 투자현황이나 지원제도, 체계 등을 대략적으로 살펴보고 주요 이슈에 대한 개선방안을 제시하는 방식으로 수행되었는데, 그 중 상당수의 연구에서 개선방안 중 하나로 기초연구지원사업의 재정소요 전망²⁾

1) OECE는 연구개발 유형을 기초연구, 응용연구, 개발연구로 구분하고, 그 중 기초연구를 “어떤 특정한 응용이나 사용을 계획하지 않고 현상들이나 관찰 가능한 사실들의 근본 원리에 대한 새로운 지식을 얻기 위해 행해진 실험적 또는 이론적 작업”(OECD·한국과학기술기획평가원, 2016: 51)이라고 정의한다.

과 투자포트폴리오 수립의 필요성을 강조한 바 있다(이운빈 외, 2015: 116; 임길환, 2016: 57; 박기범 외, 2017: 18 등). 재정소요를 정확히 전망하는 경우 정부기관, 국민 등 정보 수요자들의 재정 이슈에 대한 이해도를 제고할 수 있으며 체계적으로 사업구조 및 지원 내용을 개선·보완하는 것이 가능하다(Swanson, 2008). 또한 사전계획 수립이 용이해짐으로써 전략적이고 효율적인 자원배분이 가능해질 수 있다(Williams·Calabrese, 2016). 정부재정 관련하여 다양한 분야에서 향후 전망치가 도출되고 있으나(원종욱·성병찬·장인수, 2016; Dritsakis·Klazaroglou, 2017), 기초연구분야의 재정소요 전망의 경우 그 필요성을 강조하는 연구는 많은 반면 실제로 전망한 연구는 전무한 상황이다.

따라서 본 연구에서는 연구자 주도 기초연구지원 예산 2배 확대라는 국정과제의 원활한 수행과 이를 위한 투자전략 도출의 기반을 마련하기 위해 기초연구지원사업 예산의 영향요인을 탐색하고, 시계열 예측모형을 활용하여 향후 5년³⁾간의 기초연구지원사업 재정소요를 전망하고자 한다. 기존의 기초연구 예산계획은 주로 단기적인 시뮬레이션⁴⁾을 바탕으로 수립되었으나, 본 연구에서 수립한 모델을 통해 보다 예측력 높은 재정소요 전망이 가능해질 것으로 기대된다. 기초연구의 재정소요 전망 결과는 기초연구지원사업의 체계적·전략적 추진과 연구자 수요를 고려한 효율적 자원배분에 기여할 수 있을뿐 아니라, 정부의 주요 정책 추진 등을 위한 자금조달 가능성을 살펴보기 위해 중장기 재정소요 규모를 확인할 필요성이 제기되는 경우에도 실질적 참고자료가 될 수 있다.

-
- 2) 본 연구에서 의미하는 재정소요란 기초연구지원사업 예산으로 투입될 국가재정의 규모를 의미하는 것으로 본 연구의 재정소요 전망이란 예산 추계와 같은 의미로 사용된다.
 - 3) 예측 기간을 5년으로 설정한 것은 정권 교체 주기를 반영한 것이다. 정권이 바뀔에 따라 기초연구 등 주요 정책이 변화하고 예산도 그에 영향을 받는다. 본 논문은 정부의 정책목표 달성을 위한 전략수립에 기여하고자 하므로 예측 기간을 5년으로 설정하였다.
 - 4) 예산계획 수립시 투자 목표안을 몇가지 도출하고, 각 목표치에 맞도록 내역사업별 규모를 미세 조정하는 방식을 의미한다. 기초연구지원사업 시뮬레이션의 경우 목표치 설정은 대부분 직전년도 예산 대비 유지, 소폭 증가, 대폭 증가 등으로 구분되나, 목표설정의 기준이 특별히 없고 단기적이므로 사업추진 전략을 체계적으로 수립하는 데 기여하기 어렵다. 최근에는 이러한 문제점을 극복하기 위해 중장기적인 측면에서 기초연구 투자 포트폴리오를 수립하고자 하는 노력이 이루어지고 있다.

II. 이론적 배경 및 선행연구 고찰

1. 기초연구지원사업 예산결정의 이론적 배경

일반적으로 예산 투입 여부나 규모를 결정할 때 다양한 사회적, 정치적, 경제적 요인들을 고려하는데, 이러한 주제는 예산결정이론의 측면에서 꾸준히 논의되어 왔다. 대표적 예산결정 이론에는 점증주의 이론, 합리주의 이론(총체주의 이론), 단절균형 이론, 공공선택 이론, 다중합리성 이론 등이 있다. 우선, 점증주의 이론은 행위자들이 갖는 인지능력의 한계 및 한정적인 물리적 시간을 고려하여 예산이 전년도 예산규모에 영향을 받아 결정된다는 내용이다(Wildavsky, 1979). 과학기술분야의 사업은 타분야 보다 복잡하고 전문적 내용을 포함하여 이러한 한계점이 더욱 많으므로 R&D(Research and Development)사업과 같이 전문성을 필요로하는 분야는 점증주의 이론으로 설명할 수 있는 부분이 많다(엄익천, 2011: 1-2). 점증주의적 예산결정은 현실적 측면을 반영한다는 평가를 받기도 하지만, 정책적 목표와 의사결정의 변화를 반영하지 못한다는 결점도 있다(조수현, 2009: 5). 예산의 계획기능이 강조되면서 단년도가 아닌 중장기적인 계획에 기반한 예산 결정 및 집행의 중요성이 부각됨에 따라 점증주의 이론 외에도 다른 접근방식에 대한 고려가 필요하다(윤성채, 2014: 137-138).

이를 보완하는 대표적인 접근으로 예산의 급진적 변화를 설명하는 단절균형이론을 들 수 있다. 점증주의 이론과 유사하게 안정적인 현상을 유지하면서 정치적 변동에 따른 예산 증감률 등의 현상을 설명할 수 있는 이론으로 간주되며 점증주의의 발전된 형태로 평가받고 있다(이현숙 외, 2011: 69-70). Jones et al.(2009)은 예산결정시 겪는 급격한 변화는 의원내각제 보다 의사결정 능력과 제도적 갈등의 정도가 높은 대통령제 국가에서 더 많이 나타난다고 분석하였는데 실제 우리나라의 경우 정권교체, 국정과제 채택 등으로 사업의 이관, 지원액의 급증 등 기존의 예측을 뛰어넘는 변화가 있고 예산결정에 상당한 영향을 미치고 있다. 기초연구 지원정책은 대표적인 사례이다. 이에 단절균형이론 또한 정부 R&D사업 예산의 결정에 영향을 미치는 이론으로 볼 수 있다.

다중합리성이론은 예산을 결정하는 과정 중 여러 입장을 대변하는 사람들의 의사소통을 고려하는 이론으로 예산결정과정에서 가지는 복잡성을 인정하여 다양한 관점을 검토하고 여러 방면의 의견을 고려하는 과정을 중요시 여긴다. 이러한 접근방법은 예산결정을 다방면으로 살펴볼 수 있다는 장점이 있으나 시간적 한계를 고려하지 않아 현실 적용

이 어려우며 예측력이 낮다는 단점을 지닌다(이현숙 외, 2011: 29). 우리나라 정부 R&D 사업 예산 결정과정에서도 국가과학기술자문회의, 국가과학기술운영위원회 등의 의견수렴 과정을 고려할 때 다중합리성이론과 관련된 요소가 반영되어 있다고 할 수 있다.

한편 대표적인 예산결정이론 중에 정부 R&D사업의 예산결정과정에서의 담당자 인지 정도, 물리적 시간 및 환경의 한계를 인정하고 안정적인 예산결정을 추구하는 점증주의와는 반대로 결정과 관련된 모든 요소들을 고려한 합리적 자원배분이 예산결정과정에서 중요한 역할을 한다는 총체주의 이론(합리주의 이론)이 있다. 이는 예산결정자가 모든 이슈를 해결할 수 있도록 완전한 지식과 정보를 기반으로 판단해야한다는 특징을 가지나, 현실적 제약을 고려하지 않아 설득력이 낮다는 단점이 있다(박소희 외, 2014: 49).

이렇듯 정부 R&D사업 예산결정과정에는 점증주의적 요인뿐 아니라 다양한 요소들을 고려할 필요가 있다. 실제로 우리나라의 정부 R&D사업 예산 결정 시 한정된 자원 범위 내에서 전년도 예산을 기준으로 심의가 시작되는 것을 고려하면 점증적 요소가 주요하게 적용된다고 할 수 있으나, 해당 기술 분야의 전문가 의견수렴 및 정책의 변화를 반영하여 예산을 결정한다는 측면에서 여러 예산이론이 복합적으로 작용하고 있다고 볼 수 있다. 이를 재정소요 전망에 반영할 경우 단변량 중심의 시계열 예측을 넘어 다변량을 고려한 예측이 필요한 것으로 이해될 수 있다.

2. 예산결정요인에 관한 선행연구

예산결정요인 탐색을 위해 관련 선행연구를 살펴보았다. 우선 함성득·윤기중(2002)은 국방분야의 예산결정요인에 대한 연구에서 종속변수로 국방비 총액의 GNP비율, 전투력 증강의 GNP비율, 운영유지비의 GNP비율을 설정하였고 독립변수로 공급적 요인, 수요적 요인, 기타 요인 등 3종류의 변수를 선정하였다. 국방분야는 국가의 경제능력과 경제상태를 고려하지 않을 수 없기 때문에 공급적 요인으로 경제력(GDP), 물가상승률, 실업률을 선택하였다. 남북이 휴전상태임을 감안하여 북한의 군사력을 주시할 필요가 있으므로 수요적 요인에 북한의 군사 GNP비율을 선정하였다. 이외에 현행의 예산 결정과정에서 지배적인 영향을 미치는 요인을 추가적으로 반영하기 위해서 기타 환경적 요인으로 예산점증 요인, 대통령의 정책의지를 요인으로 선정하였다.

이현숙 외(2011)는 사회복지분야의 예산결정요인에 대한 연구에서 재정능력, 정치적 요인, 사회경제적 요인, 점증주의로 요인을 분류하였다. 재정능력(경제)은 사회에서 활용할 수 있는 예산의 크기와 활용을 나타내기 때문에 지자체나 지방의 경제력의 차이로 복

지분야의 예산이 차이가 날 수 있다고 추정한다. 정치적 요인은 선거나 정당 간 경쟁 상황에서 대중들의 표심을 획득하기 위한 활동과 관련이 있다. 복지는 국민 삶의 질에 직접적인 영향을 미치므로 선심성 예산 증대 등에 더욱 민감하게 반응할 수 있는 요인이다. 사회경제적 요인은 1인당 소득, 인구밀도, 도시화, 노인인구 비중 등을 고려한 요인이다. 복지지출 대상이 대중이기 때문에 예산의 수요, 대중의 반응과 성과 등을 확인할 수 있는 요소들을 중심으로 영향요인을 선정하였다. 사회복지분야의 예산 또한 급격한 사회적 변화가 없는 한, 한정된 자원에서 배분되어야 하므로 지난 해의 예산을 기준으로 편성되는 점증주의 요건도 영향요인으로 선정되었다.

진상기·오철호(2015)는 고등교육분야의 예산결정요인에 대한 연구에서 종속변수로 고등교육 예산을 설정하였고 독립변수는 교육수요요인, 일반사회·경제 요인, 행정요인, 정치요인으로 구분하여 선정하였다. 고등교육분야 관련 정책 및 예산의 영향을 직접적으로 받는 대상은 예산결정단계에서 필수적으로 고려되어야 하므로 수요요인으로 고등학생수, 대학생수, 고등교육기관 수를 측정지표로 선정하였다. 정부 예산을 고려할 때 경제적, 사회적 상황도 중요한 영향을 미친다. 예를 들어, 실업률 증가는 조세를 감소시키고 실업률이 감소하면 조세가 증가한다는 Hicks의 이론을 따라 실업률이 교육 관련 예산에 영향을 줄 수 있으며, GDP 상승과 도시화, 정부재정의 증가가 고등교육예산에 영향을 미칠 것이라고 추정하였다. 따라서 일반사회·경제 요인에 GDP차분, 청년 실업률, 도시화, GINI계수, 소비자 물가지수가 포함되었다. 행정요인으로는 점증요인을 선정하였다. 점증주의는 한정된 예산 내에서 배분하는 경우 효율적인 접근이라고 평가되는데, 총액배정예산제도를 따르는 우리나라에서도 이는 유효할 것이라 추정할 수 있다. 마지막으로 정치요인으로 정치변화를 나타내는 선거를 선정하였다. 예산은 대통령 선거 등 주요 선거가 치러질 때마다 선심성으로 활용되는 경우가 발생하기 때문이다.

엄익천(2011)은 정부 R&D사업의 예산결정요인에 대한 연구에서 정치적, 경제적, 사회적 요인과 점증요인을 주요 변수로 설정하였다. 정치적 요인으로 선거와 대통령의 정책 의지를 선정하였는데, 투표율과 정당 간 경쟁, 선거 등의 정치환경이 공공지출에 영향을 끼치기 때문이다. 경제적 요인으로 민간연구개발투자, 국내총생산(GDP), 물가상승률, 실업률을 선정하였는데 연구개발분야는 국가의 경제능력과 연관되어 있어 해당분야의 예산결정에도 영향을 끼칠 것이라고 판단하였다. 사회적 요인으로는 산업화를 포함하였는데, 연구개발로 인해 기술혁신이 발생하여 생산성이 향상되고 산업화가 진행되면 결과적으로 국가 경제력 제고에 기여하게 되며 이는 다시 연구개발분야의 투자확대로 이어지는 순환적 관계를 갖기 때문이다. 점증요인은 담당 공무원의 지식정도와 과거의 예산을

기준으로 차년도 예산을 결정하는 과정이 현재 R&D사업 예산배분·조정 과정에서 동일하게 관찰되는 현상임을 고려하여 영향요인으로 선정되었다.

살펴본 바와 같이 기존의 예산이론 및 예산결정요인 관련된 문헌검토를 바탕으로 재정소요 전망에 고려할 요인들을 도출할 수 있으며, 이외에도 기초연구분야의 특성을 고려한 영향요인들을 선별하기 위해 관련 전문가 의견수렴 등을 병행하여 기초연구지원사업의 향후 재정소요 전망을 도출하기 위한 모형을 보완할 수 있다.

Ⅲ. 연구방법

기초연구지원사업 관련 정책목표 달성과 체계적인 투자 계획을 수립하기 위해서는 미래의 소요액을 확인하는 과정이 필수적이다. 본 연구에서는 기초연구지원사업의 향후 재정소요 전망을 위해 단변량 시계열분석인 ARIMA 모형과 전이함수 형태인 ARIMAX 모형을 활용하였다⁵⁾. ARIMAX 모형은 다변수의 조건을 고려하여 종속변수와 동적 관련성을 반영함으로써 단일변량 모형의 예측값을 개선하는 효과를 기대할 수 있다는 장점이 있다(Hawes, 2015; Pankratz·Alan, 1991). 우선 종속변수인 기초연구지원사업 예산에 영향을 미치는 주요변수를 선별하였다. 변수 유형은 경제적 요인, 사회적 요인, 정치적 요인, 기초연구 관련요인으로 구별하였다. 이론적 논의에서 언급된 다중합리성 이론이나 총체주의 이론은 다양한 사회·경제·정치·과학기술적 요인을 고려하는 것으로 반영되며, 단절균형 이론은 정책변동을 나타낼 수 있는 정치적 요인에 해당한다 할 수 있다. 각 경제적·사회적·정치적 요인은 앞서 논의한 선행연구를 바탕으로 선별하였고, 과학기술적 요인인 기초연구 관련요인은 기초연구지원사업 및 정부연구개발사업 예산 업무 담당자 및 전문가⁶⁾와의 논의결과를 반영하여 선별하였다. 선정된 9개의 독립변수와 종속변수 간의 연관성 확인을 위해 상관분석⁷⁾을 진행하였고, 각 변수에 대해

5) 분석모형 선정을 위해 ARIMA, ARIMAX 외에도 VAR(Vector Autoagressive) 모형에 대해 검토하였다. VAR 모형의 경우 변수의 순서에 따라 추정 결과가 달라지는 특징이 있는데(김철현·남종오, 2015), 본 연구에서 변수간 선행순서나 상호 영향력을 결정하는 것은 의미미하지 않다고 판단하였다. 또한 변수별 데이터의 연도별 추이 및 차분처리 결과를 확인하였을 때 주기성, 외생적 충격, 단기적 변동 등의 요소들이 없어 일반적 시계열 모형인 ARIMA 모형의 적용이 적합하다고 판단하였다.

6) 정부연구개발사업 예산배분·조정 및 편성 지원업무 수행경험이 있는 전문가, 현재 정부연구개발사업 중 기초연구지원사업의 예산 배분·조정 업무 담당자

ARIMA에서 가장 많이 활용되는 Box-Jenkins 방법으로 시계열모형을 도출하였다. 각 변수의 ARIMA 모형을 반영하여 ARIMAX 모형을 수립할 수 있는데, 보다 예측력 높은 ARIMAX 모형을 선택하기 위해 경제적·사회적·정치적 요인과 특성적 요인에서 하나씩의 변수를 추출하여 변수조합에 따른 16개의 ARIMAX 모형을 만들고 예측력을 비교하였다. 비교결과, 단변량 예측모형인 ARIMA를 적용했을 때보다 예측력이 더 높은 ARIMAX 모형이 있음을 확인하였다. 이렇게 도출된 예측력이 가장 높은 ARIMAX 모형을 기준으로 기초연구지원사업의 5년간의 재정소요를 전망하였다.

1. 변수의 도출 및 조작적 정의

종속변수인 기초연구지원사업 예산은 정부의 연구자 주도 개인·집단 기초연구지원사업⁸⁾ 예산으로 정의하였다. 연구개발단계로서의 기초연구와 기초연구지원사업의 예산은 다른 개념이나, 문재인 정부는 기초연구 강화를 위해 국정과제를 통해 ‘연구자 주도 기초연구지원 예산 2배 확대’ 목표를 제시하였으며, 2017년 규모가 1.2조원임을 국정과제에 명시함으로써 대상을 명확히 하였다(국정기획자문위원회, 2017: 66). 따라서 본 연구에서도 국정과제에서 명시한 사업군을 대상으로 분석을 진행하였다.

기초연구지원사업에 영향을 미치는 영향요인의 경우 경제적 요인, 사회적 요인, 정치적 요인, 기초연구관련 요인으로 분류하였다. 경제적 요인으로는 국내총생산(GDP), 소비자물가지수, 정부총예산, 민간연구개발투자를 선정하였다. 우선 GDP는 나라에 있는 노동, 자본 등 모든 생산요소를 결합하여 만들어 낸 최종 생산물의 합을 의미한다. 정부 투자는 국가 경제규모에 영향을 받으며 이는 정부연구개발투자자와도 밀접한 관계가 있음을 고려하여 기초연구지원사업 예산에 영향을 미치는 요인으로 판단하였다. 하규만(2001)은 국내 총생산량과 연구개발투자가 정(+)의 관계로, 부유한 국가일수록 연구개발 투자 비용이 높

-
- 7) 상관분석 결과, 모든 영향요인이 종속변수와 양의 상관관계를 갖는 것으로 나타났다. GDP나 물가지수, 예산, 교원 수 등 도출된 대부분의 요인들이 시간에 따라 점증하는 특징을 갖는 것으로 인해 높은 상관관계가 도출되었다. 각 변수별 관계에 대한 논의는 본 연구의 범위를 벗어나므로 자세히 다루지 않고자 한다. 전통적인 회귀분석을 중심으로 한 연구에서는 종속변수와 독립변수가 갖는 관계를 중점적으로 다루는 반면, 예측모형을 도출하는 연구에서는 어떤 모형이 보다 정확한 예측력을 지니는지가 변수 선정에 있어 핵심적인 고려사항이 될 수 있다. 따라서 변수 중 어떤 변수가 종속변수에 더 유의한 관계를 갖는지 보다, 어떤 변수의 조합이 더 정확한 예측을 하는지 살펴보고 해당 변수조합에 기반한 모형을 수립하는 것이 본 연구에서 의미를 갖는다.
- 8) 2018년 기준, 개인기초연구사업(과학기술정보통신부), 개인기초연구사업(교육부), 집단연구지원사업(과학기술정보통신부), 이공학학술연구기반구축사업(교육부)을 의미함

다는 가설을 확인하였다. 김선근·이완근(2004)은 1971년부터 2001년까지의 시계열분석으로 GDP와 연구개발투자 간의 연관성을 확인하였다. 소비자물가총지수는 소비자가 구입하는 상품이나 서비스의 가격변동을 나타내는 지수를 의미한다. 정부 예산을 편성할 때 일반적으로 고려되는 요소 중 하나이며 연구개발예산 지출항목에 직접적인 영향을 미치므로 영향 요인으로 선정하였다. 엄익천(2011)은 연구개발예산으로 처리되는 과학기술인력의 인건비, 기관운영비 등의 항목들이 물가상승률을 반영하므로 정부 R&D사업비와 관련이 있다고 판단하였다. 정부총예산은 국가의 통합재정규모이며, 정부 지출규모에서 채무상환 등을 차감한 순수한 재정활동의 규모를 의미하므로 국가연구개발비에 직접적 영향을 미치는 변수이다. 이현숙 외(2011)는 정부연구개발예산 결정모형에서 경제성장률은 정부총예산에, 정부총예산은 정부연구개발 지원에 영향을 미치는 모형을 수립하여 정부예산과 정부 R&D사업 예산 간의 관계를 확인하였다. 민간연구개발투자는 국가 전체 연구개발투자 중 민간재원의 투자금액을 의미하며, 정부연구개발투자와 함께 전체 연구개발비를 구성하므로 정부연구개발과 양방향 인과성이 존재함을 감안하여 변수로 선정하였다. 유승훈(2003)은 민간연구개발투자와 정부연구개발투자 간에 양방향성 관계를 확인하였으며, 정부연구개발과 민간연구개발의 상호보완적인 관계를 강조하였다.

사회적 요인으로는 전임교원수와 국내 석·박사수를 고려하였다. 전임교원수는 교육기관에서 교수 활동과 연구를 전문적으로 하는 교원의 수를 의미하며, 국내 석·박사 수는 우리나라의 석사 및 박사학위 취득자를 의미한다. 기초연구지원사업이 연구분야의 제한이 없는 상향식(bottom-up) 과제지원으로 구성된만큼, 전임교원수와 국내 석·박사 수는 기초연구지원사업에 대한 연구자의 수요와 직접적으로 연결되며, 선정률과 수혜율 등 기초연구지원사업의 주요 지표를 이루는데 핵심적 요소이므로 영향요인으로 선정하였다. 박기범 외(2017)는 전임교원 수혜율은 기초연구지원의 적정규모를 판단하고 결정하기 위한 요소 중 하나라고 언급하였다. 김기완·이주호(2013)는 2001년부터 2010년까지의 정부연구개발비와 석·박사 연구자 수의 관계를 정(+)의 관계로 판단하였다.

정치적 요인으로 고려한 과학기술정책의지는 정부의 연구개발활동에 대한 투자 의지를 의미한다. 우리나라는 정권이 바뀔 때마다 연구개발 분야나 기초연구 확대에 대한 공약이 갱신되어온 바 있고(신애리·윤수진, 2017: 3-4), 문재인 정부에 들어서면서 연구자 국회청원⁹⁾ 등 연구자의 적극적 의견을 반영하여 기초연구지원사업 2배 확대라는 국정과제를 발표하기에 이르렀다. 이와 같이 정부의 정책적 의지가 대선공약, 주요 관심사업,

9) 연구자 주도 기초연구 지원확대를 위한 국회청원이 2016년 9월 국회에 접수되었으며, 2017년 1월 국회 본회의에 상정되어 채택되었음

국정과제 등을 통해 나타나고, 이는 정부연구개발예산 편성과정에 직접적인 영향력을 미치므로 영향요인으로 선정하였다. 장연수(2000)는 우리나라와 같이 대통령, 장·차관 등 고위 관리직이 예산결정 과정에 높은 영향력을 미치는 행정관료체계를 갖춘 환경에서는 정치적 요인이 막강한 영향요인임을 강조하였다.

기초연구 관련요인으로서는 SCI논문 수와 기초연구 과제수를 고려하였다. SCI논문 수는 기초연구 투자에 대한 학문적 성과로, 기초연구예산 편성에 영향을 미친다고 판단하여 결정요인으로 선정하였다. 심우중·김은실(2010)은 연구개발비 증가와 SCI논문 수 성과를 부(-)의 관계로 규정하며 상호 연관성을 확인하였다. 기초연구 과제수는 정부의 연구자주도 개인·집단 기초연구지원사업에서 지원하는 과제수를 의미한다. 기초연구 과제수는 매년 일정하게 유지하는 것이 중요한 선정률과 연관되어 항상 기초연구분야 현장에서 주요 이슈가 되는 부분이므로 기초연구예산에 영향을 미치는 요인으로 판단하였다. 이윤빈 외(2015)는 연도별로 과제 규모에서 발생하는 차등은 현장 연구진의 연구환경 안정성에 악영향을 미치는 결과를 초래하므로 제도개선이 필요함을 제안하면서 기초연구 지원사업 예산에 기초연구 과제수가 미치는 영향을 언급하였다.

이 외에도 사회적 요인 및 정치적 요인으로 학생 수, R&D 종사 연구자 수, 연구비 단가, 선거 등 다양한 요인들을 검토하였으나 기초연구사업 예산과의 연관성을 고려하여 9개의 주요 변수를 선정하였다. 이렇게 도출된 총 9개의 독립변수와 1개의 종속변수 간의 시계열모형 수립을 위해 1989년부터 2016년까지 총 28년간의 자료를 수집하여 분석하였다. 변수의 조작적 정의 및 구체적 자료원은 다음 표와 같다.

<표 1> 변수의 조작적 정의 및 자료원

구분	변수명	정의	선행연구	자료원
종속변수	기초연구 사업예산	연구자주도의 개인·집단 기초연구지원사업 예산	-	한국과학기술기획평가원, 「조사분석보고서」 재구성
경제적 요인	국내총생산 (GDP)	한 나라에 있는 모든 생산요소를 결합하여 만들어낸 최종생산물의 합	하규만(2001), 함성득·윤기중(2002)	한국은행, 「국민소득」
	소비자물가 총지수	소비자가 구입하는 상품·서비스의 가격변동을 나타내는 지수	엄익천(2011), 진상기·오철호(2015)	통계청, 「소비자물가조사」
	정부총예산	예산·기금 등 정부부문 지출규모에서 채무상환 등을 차감한 순수한 재정활동의 규모	이현숙 외(2011)	한국과학기술기획평가원, 「정부연구개발예산 현황분석」
	민간연구 개발투자	민간기업의 연구개발 투자비	유승훈(2004)	한국과학기술기획평가원, 「연구개발활동조사」
사회적 요인	전임교원수	교육기관에서 교수 활동과 연구를 전문적으로 하는 교원수	박기범 외(2017)	한국교육개발원, 「교육통계연보」
	국내 석·박사수	석사, 박사학위 취득자수	김기완·이주호(2013)	한국과학기술기획평가원, 「연구개발활동조사」
정치적 요인	과학기술 정책의지	정부총예산에서 정부연구개발 예산이 차지하는 비중	엄익천(2011)	한국과학기술기획평가원, 「정부연구개발예산 현황분석」
기초연구 관련요인	SCI논문수	Thomson Reuters에서 선정한 학술지에 수록된 논문 수	심우중·김은실(2010)	미래창조과학부, 「과학기술논문(SCI) 분석 연구」
	기초연구 과제수	연구자주도의 개인·집단 기초연구지원사업 과제수	이윤빈 외(2015)	한국과학기술기획평가원, 「조사분석보고서」

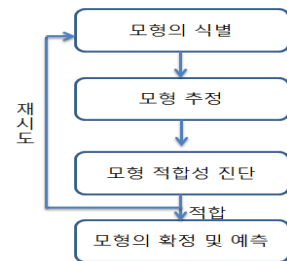
2. ARIMA 모형 수립

2.1. ARIMA 모형 정의

ARIMA 모형은 시계열 분석방법 중 대표적으로 활용되는 모형으로 독립변수인 시간에 대한 종속변수의 변화를 나타내며, AR모형과 MA모형이 결합된 모형이다. AR(autoregressive model)은 특정 t 시점의 변수 값이 과거의 값에 영향을 받는다고 가정하고 설정된 자기회귀모형이며 확률변수 Z_t 를 사용하여 $Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + a_t$ 로 표현한다. 현재부터 과거의 값을 고려한다는 점을 감안하여 후행연산자(B)를 사용하고, a_t 가 평균 0, 분산이 σ^2 인 백색잡음과정이라면 $a_t = (1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p) Z_t$ 로 나타낼 수 있다. MA는 이동평균모형(moving average model)으로, 평균이 이동하는 데이터를 시계열모형으로 구성한 형태이며 확률변수 Z_t 를 사용하여 $Z_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q}$ 로 표현한다. 여기서도 후행연산자(B)를 활용, a_t 는 평균 0, 분산이 σ^2 인 백색잡음과정이라면 $Z_t = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q) a_t$ 로 나타낼 수 있다. ARIMA 모형(Autoagressive Intereated Moving Average, 누적자기회귀이동평균)은 앞서 설명했듯이 AR(p)모형과 MA(q)모형의 결합(ARMA)에 적분(Integral)으로 안정성을 취한 형태이다. 이는 단순히 과거 수치만이 아니라 현재에 영향을 미치는 과거 값들에 대한 방향까지 감안한 시계열 모형이며, 평균값이 0일 때 모형식은 $\phi_p(B)(1-B)^d Z_t = \theta_q(B) a_t$ 이고 ARIMA(p,d,q)으로 표기하며, 이때 p는 AR의 차수, q는 MA의 차수, d는 차분 차수이다(이우리, 2013).

2.2. ARIMA 모형 수립과정

Box-Jenkins방법론(<그림 1>)을 적용한 ARIMA 모형 설계의 첫 단계로 정상성(stationary) 검정을 실시하여 자료가 안정화되었는지 확인한다. 자료가 불안정한 상태라면 차분이 나 로그변환을 통해서 평균과 분산이 시간에 따라 변하지 않는 정상성을 갖춘 자료로 변형되는데, 본 연구에서는 단위근 검정(Dickey-Fuller Test)을 실시하여 안정성을 확인하여 차분과정을 거쳤다. 일반적으로 사회과학분야에서의 시계열분석 변수들은 비정상인 경우가 다수이기 때문에 시계열모형을 활용하기 위해서는 차분 과정이 필요하다(원종욱·성병찬·장인수, 2016: 4). 다음으로 변수별 최적의 ARIMA(p,d,q)모형



<그림 1> Box-Jenkins 방법론

을 수립하였다. 자기상관함수(ACF: Auto-Correlation Function), 편자기상관함수(PACF: Partial Auto-Correlation Function)의 모형으로 최적화된 파라미터를 추정하는 것을 기본으로 진행하였으나, 자기상관함수와 편자기상관함수로 식별이 어려운 경우 BIC(Bayesian Information Criterion)통계량으로 모형을 추정하였다. 본 연구에서는 R프로그램의 Auto-arima기능을 활용하여 모형 추정의 단계까지 진행하였고 선출한 최적 모형의 적합성을 확인하기 위해 잔차분석을 실시하였다. 잔차항에서 백색잡음과정의 유무를 확인하였는데, 백색잡음과정이 확인되면 최적 모형으로 판단하였다. 백색잡음과정을 만족하기 위해서는 평균이 모든 시기에 0으로 일정, 시간이 지나도 변하지 않는 일정한 등분산, 어떤 시차에 대해서 자기상관이 존재하지 않아 연속적인 관련성이 존재하지 않는 조건을 만족해야 한다(이우리, 2013). 본 연구에서는 이를 그래프로 판단하였는데, ①Standard residual에서 특정패턴이 없이 임의로 흩어진(scattering) 모형을 보이며, ②ACF residual에서 총합이 0, ③p-value값이 0.05 이상 등 3가지의 조건을 만족하면 백색잡음과정이므로 모형이 적합한 것으로 판단하였다(송경재·양희민, 2005). 이 과정을 거쳐 9개의 변수별 ARIMA 모형을 도출하였고 미래의 값을 예측하기 위한 과정인 만큼 ARIMA 모형의 예측 정확도를 확인하기 위한 사후평가를 수행하였다.

3. ARIMAX 모형 수립

변수별 ARIMA 최적모형의 수립 후 기초연구지원사업 예산에 영향을 미치는 다수의 요인들을 고려하여 재정소요를 전망하는 과정을 진행하였는데, 경제적·사회적·정치적·기초연구관련 요인들을 복합적으로 고려하기 위해 전이함수 모형인 ARIMAX 모형을 활용하였다. 단변량 ARIMA 모형을 통한 예측은 종속변수의 과거 자료에만 전적으로 영향을 받지만 ARIMAX 모형에서는 다수 변수들의 결합적인 영향을 고려하므로 더 많은 정보를 담을 수 있어 유용하다(원종욱·성병찬·장인수, 2016: 1-2). ARIMAX 모형은 ARIMA 모형에 외생변수를 추가한 자기회귀이동평균모형으로, 다수의 독립변수가 종속 변수에 미치는 영향을 포함하여 시간에 따른 종속 변수의 예측 값을 도출하기 위해 사용한다. 시계열 Y_t 가 평균이 0, 외생변수 x_{it} 가 k 개인 ARIMAX 모형의 식은 $\phi_p(B)(1-B)d \cdot Y_t = \Theta_q(B)a_t + \sum_{i=1}^k r_i x_{it}$ 로 표현하며, $\phi_p(B)$, $\Theta_q(B)$ 는 각각 p 차, q 차 다항식이다(최수임·손흥구·김삼용, 2018: 1139). 본 연구에서는 R프로그램의 TSA package에 있는 ARIMAX 명령문을 이용하여 통계분석을 수행하였다.

4. ARIMAX 모형의 적합성 검증 및 재정소요 전망을 위한 모형의 시범적 수립

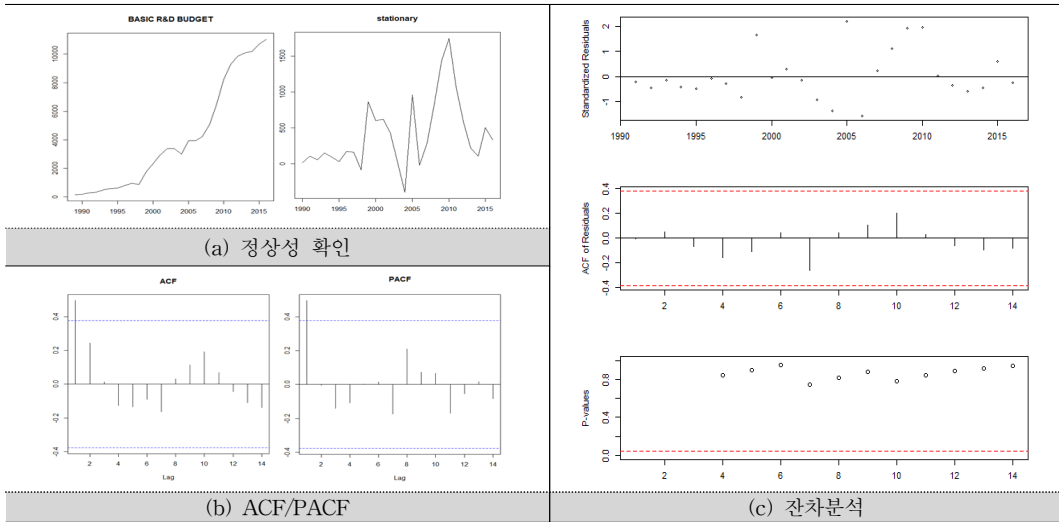
ARIMAX 모형의 적합성을 판단하기 위해 경제적·사회적·정치적·기초연구 관련 요인에서 변수를 하나씩 추출하여 조합을 만들고, 이를 기반으로 16개의 ARIMAX 모형을 도출하였다. 이 모형을 적용한 예측오차율 값과 종속변수를 ARIMA 모형에 반영한 예측오차율 값을 비교하여 ARIMAX 모형의 이점을 확인하고, 가장 예측력이 높은 모형을 기반으로 기초연구지원사업의 향후 재정소요 전망을 도출하였다.

IV. 연구결과

1. 변수별 ARIMA 모형 수립

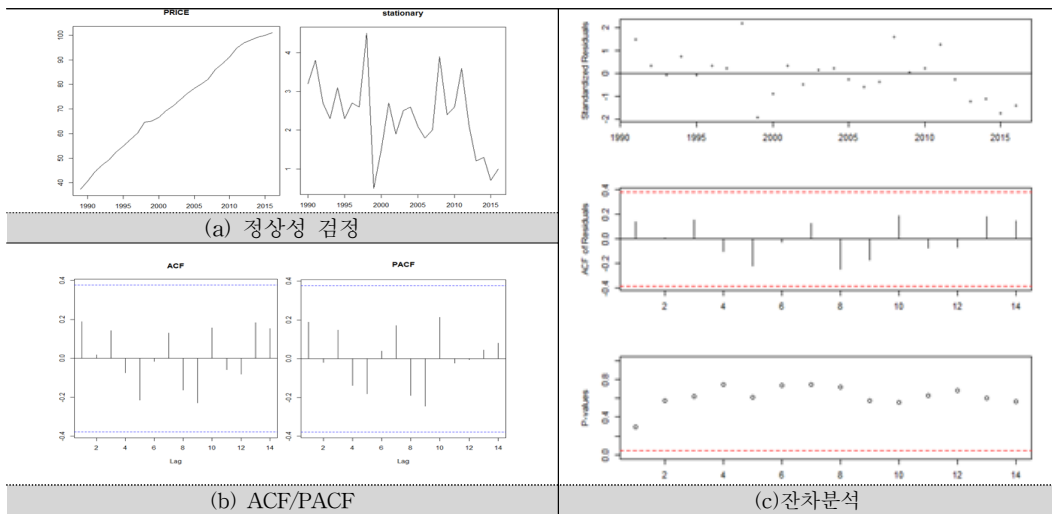
앞서 선정한 9개의 변수에 대한 최적 ARIMA 모형을 설계하기 위해 다음과 같은 과정을 수행하였다. 기초연구지원사업 예산자료를 1차 차분한 후 Dickey-Fuller Test(이하 DFT)를 실시하여 자료의 정상성(a)을 확인하였다. 정상성을 확보한 후 자기상관함수(ACF), 편자기상관함수(PACF)그래프와 최소의 BIC 통계량(412.5)을 기준으로 ARIMA(1,1,0)모형을 최적의 모형으로 판단하였다. 선별한 모형의 적합성을 판단하기 위해 잔차분석(c)을 수행하였고 백색잡음과정¹⁰⁾을 확인하여 최적 모형을 선정하였다.

10) Standard residual 그래프가 임의로 흩어져있고, ACF residual 확인결과 ACF=0, p-value값이 0.05 이상을 나타냄



<그림 2> 기초연구지원사업 예산

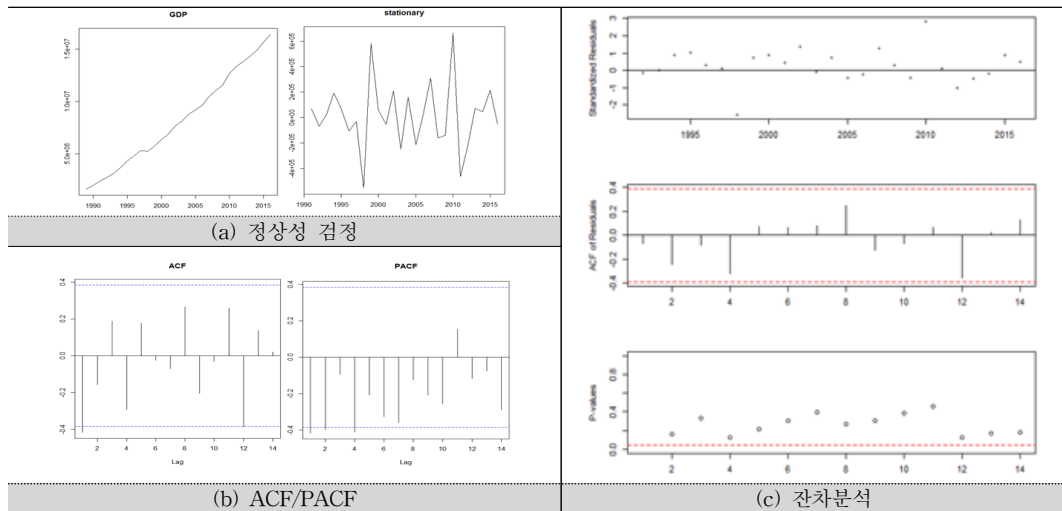
국내총생산(GDP)자료를 차분하여 DFT를 수행한 결과 자료의 정상성이 확보됨(a)을 확인하였다. ACF, PACF 그래프와 최소의 BIC값(717.08)(b)을 기준으로 ARIMA(0,2,0) 모형을 선택하였다. 잔차분석(c)에서 백색잡음과정임을 확인하여 모형의 적절성을 확인하였다.



<그림 3> 국내총생산(GDP)

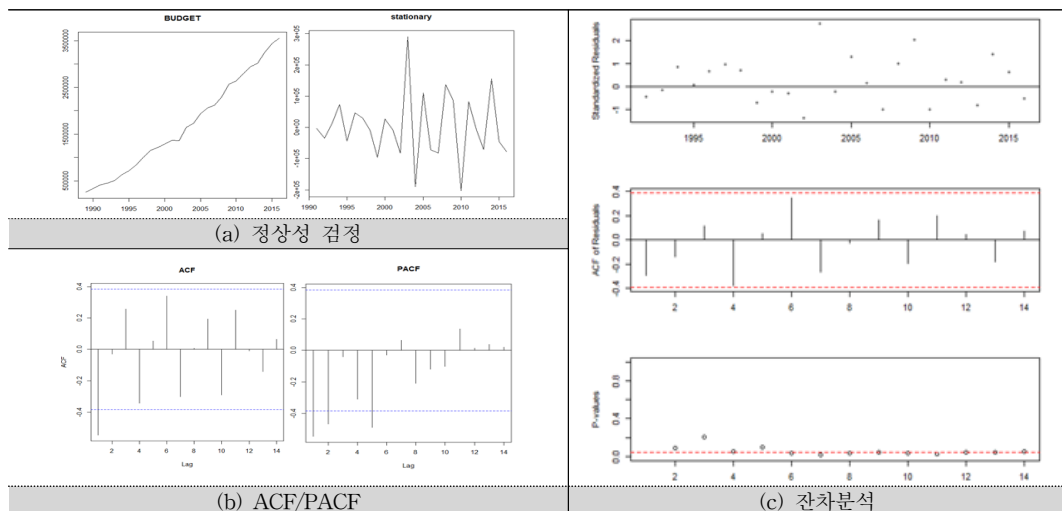
소비자물가 총 지수 자료는 <그림 4>와 같이 차분하여 DFT를 실시한 결과 자료의 정상성이 확보됨(a)을 확인하였다. ACF/PACF 그래프와 BIC 통계량 값을 검토한 결

과 BIC가 최솟값(80.51)을 가지는 ARIMA(0,1,0)모형을 최적의 모형으로 추정(b)하였다. 잔차분석에서 백색잡음과정을 확인하여 모형을 확정하였다.



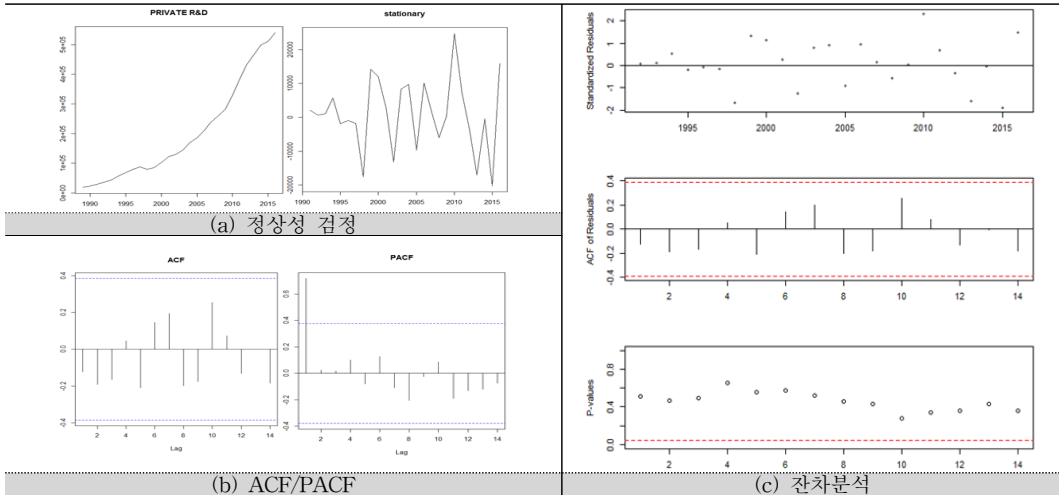
<그림 4> 소비자물가 총 지수

정부총예산은 2차 차분하여 DFT를 실시한 결과 자료의 정상성이 확보됨(a)을 확인하였다. ACF/PACF 그래프와 BIC 통계량 값을 검토한 결과 BIC 통계량이 최솟값(663.62)을 갖는 ARIMA(0,2,1)를 최적 모형으로 추정(b)하였다. 잔차분석(c)에서 백색잡음과정을 확인하여 ARIMA(0,2,1)모형의 적절성을 확인하였다.



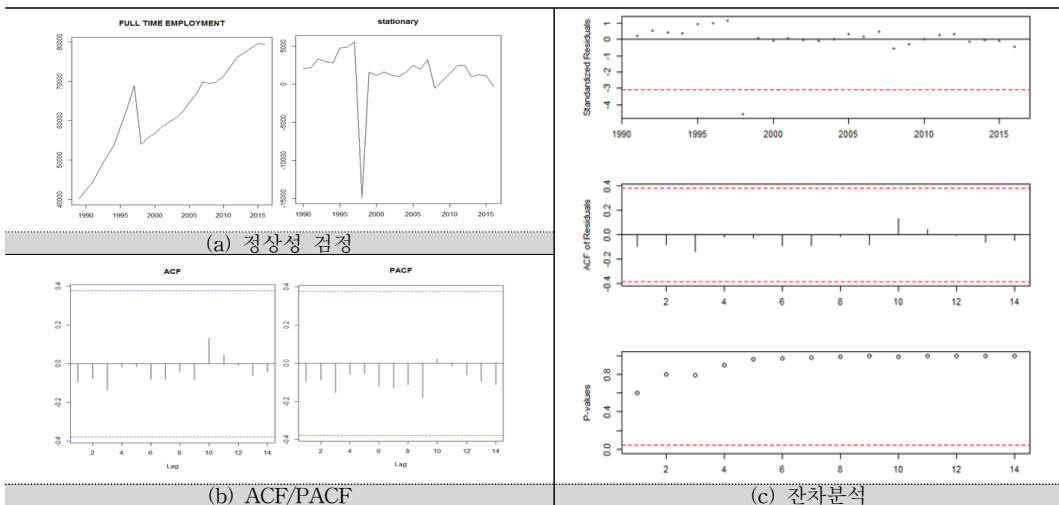
<그림 5> 정부 총 예산

민간연구개발투자는 2차 차분하여 DFT를 실시한 결과 자료의 정상성이 확보됨(a)을 확인하였다. ACF/PACF 그래프와 BIC 통계량 값을 검토한 결과 최소의 BIC 값(558.88)을 가지는 ARIMA(0,2,0)모형을 최적모형으로 추정하였다. 잔차분석(c)에서 백색잡음과정을 확인하여 추정모형의 적합성을 확인하였다.



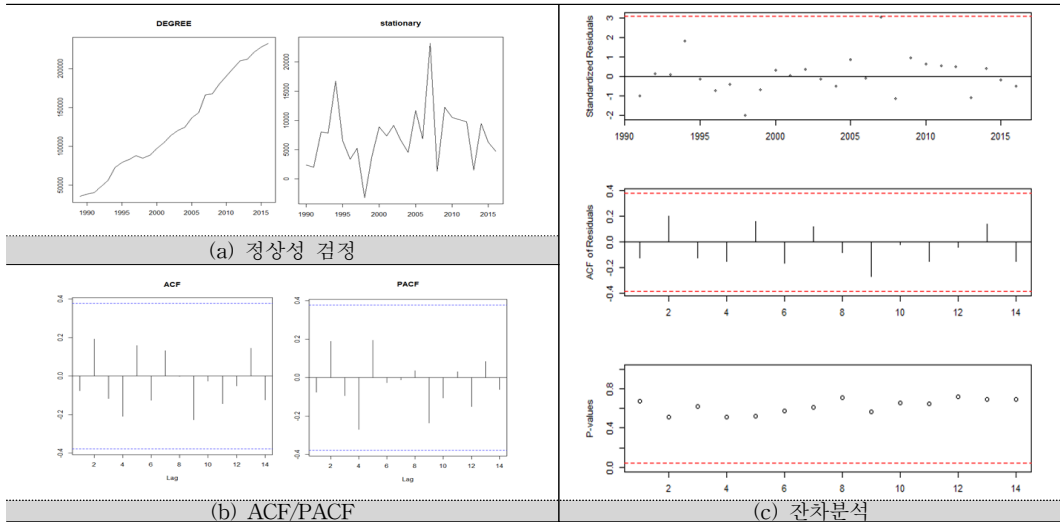
<그림 6> 민간연구개발투자

전임교원 수 자료는 1차 차분하여 DFT를 실시한 결과 자료의 정상성이 확보됨(a)을 확인하였다. ACF/PACF 그래프와 BIC 통계량 값을 검토한 결과 최소의 BIC 통계량(523.77)을 갖는 ARIMA(0,1,0)을 최적의 모형으로 선별하였다. 잔차분석에서 백색잡음과정을 확인하여 모형의 적합성을 확인하였다.



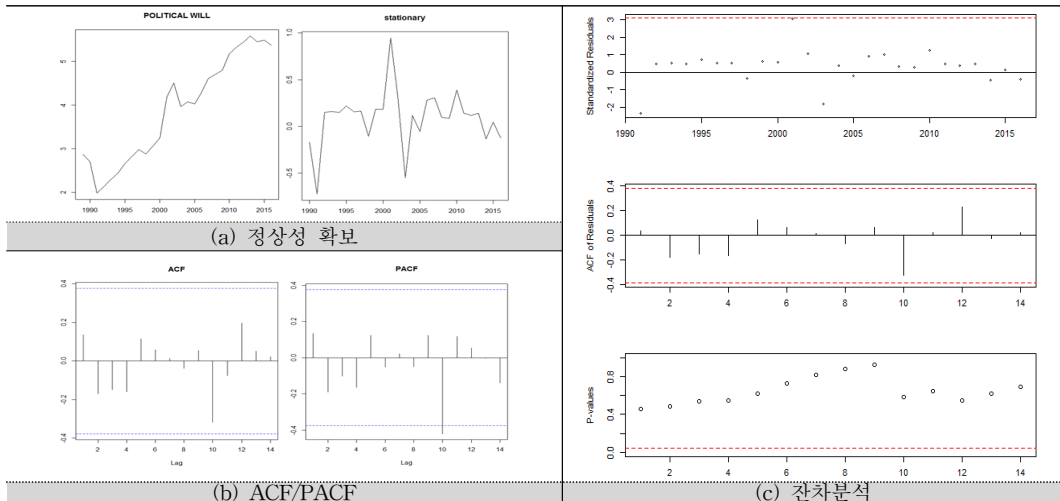
<그림 7> 전임교원 수

국내 석·박사 수 자료에 1차 차분하여 DFT를 실시한 결과 자료의 정상성이 확보됨(a)을 확인하였다. ACF/PACF 그래프와 BIC 통계량 값을 검토한 결과 최소의 BIC 통계량(544.17)을 갖는 ARIMA(0,1,0)모형을 최적의 모형으로 선택하였다. 잔차분석(c)에서 백색잡음과정을 확인하여 모형의 적합성을 확인하였다.



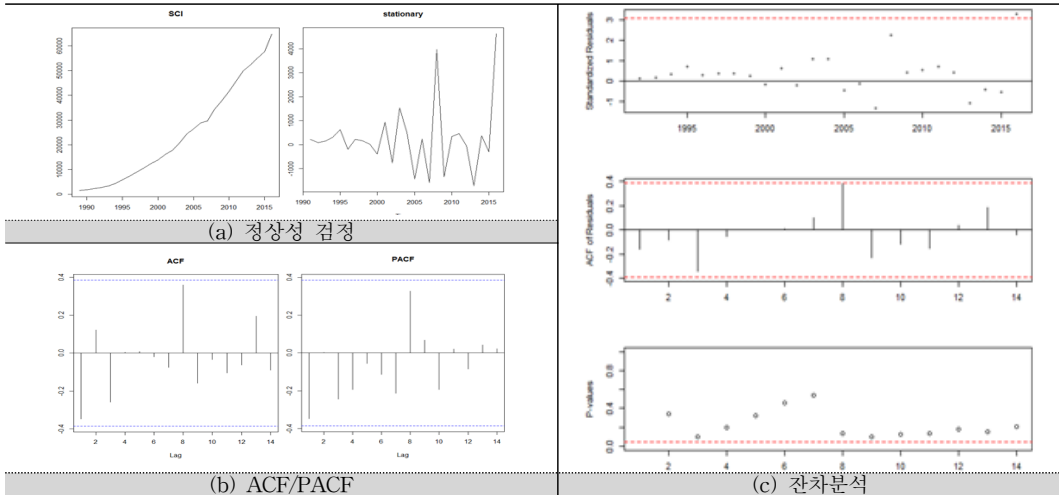
<그림 8> 국내 석·박사 수

과학기술정책의지 자료에 1차 차분하여 자료의 정상성이 확보됨(a)을 확인하였다. ACF/PACF 그래프와 BIC 통계량 값을 검토한 결과 최소의 BIC통계량(16.14)을 갖는 ARIMA(0,1,0)모형으로 선정하였다. 잔차분석(c) 통해 백색잡음과정을 확인하였다.



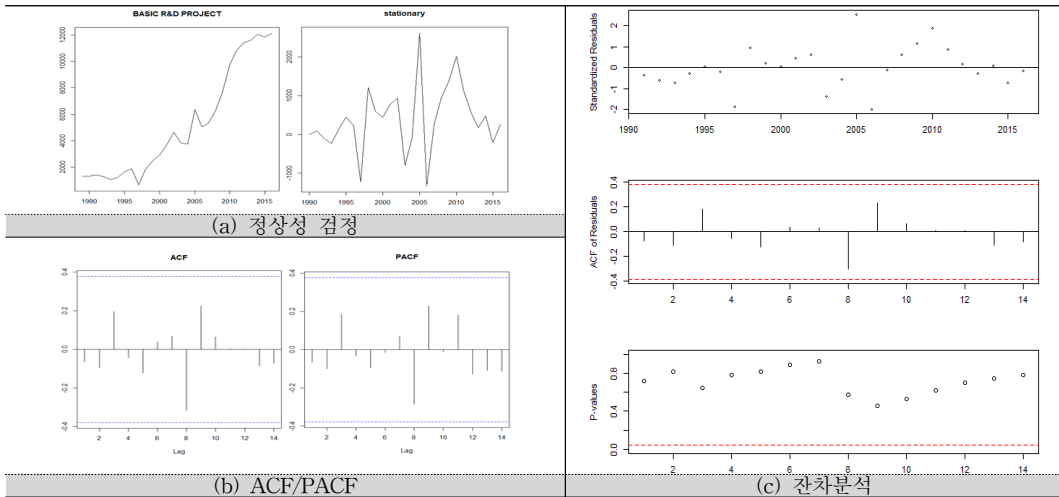
<그림 9> 과학기술정책의지

SCI 논문 수 자료는 2차 차분하여 DFT를 실시한 결과 자료의 정상성이 확보됨(a)을 확인하였다. ACF/PACF 그래프와 BIC 통계량 값을 검토한 결과 최소의 BIC값(451.36)을 갖는 ARIMA(0,2,1)모형을 선택하였다. 잔차분석에서 백색잡음과정을 확인하였고 모형의 적합성을 확인하였다.



<그림 10> SCI 논문 수

기초연구 과제수 자료에 1차 차분하여 DFT를 실시한 결과 자료의 정상성이 확보됨(a)을 확인하였다. ACF/PACF 그래프와 BIC 통계량 값을 검토한 결과 최소의 BIC 통계량(447.19)을 기준으로 ARIMA(0,1,0)모형을 선택하였다. 잔차분석(c)에서 백색잡음과정을 확인하였다.



<그림 11> 기초연구 과제수

이와 같이 변수별 최적의 ARIMA모형을 설계하였고, 정리하면 <표 2>와 같다.

<표 2> 변수별 최적의 모형

구분	변수명	최적 ARIMA 모형	계수	
			AR	MA
중속 변수	기초연구지원사업 예산	ARIMA(1,1,0)	0.4914	-
경제적 요인	국내총생산(GDP)	ARIMA(0,2,0)	-	-
	소비자물가총지수	ARIMA(0,1,0)	-	-
	정부총예산	ARIMA(0,2,1)	-	-0.8665
	민간연구개발투자	ARIMA(0,2,0)	-	-
사회적 요인	전임교원수	ARIMA(0,1,0)	-	-
	국내 석·박사수	ARIMA(0,1,0)	-	-
정치적 요인	과학기술정책의지	ARIMA(0,1,0)	-	-
기초연구 관련요인	SCI논문수	ARIMA(0,2,1)	-	-0.6512
	기초연구 과제 수	ARIMA(0,1,0)	-	-

2. ARIMA 모형의 예측력 검증

예측값과 실제값 간 오차를 기준으로 예측력의 정확성을 판단하였다. 선정된 변수의 1989년-2013년 간 시계열자료로 ARIMA 모형을 구축하였고 이를 바탕으로 3년치 예측값(2014년-2016년)을 도출하여 실제값(2014년-2016년)과 비교하여 예측오차를 측정하였다. 최영문(1997)에 따르면 예측오차가 10% 미만은 매우정확, 10-20%이내는 정확, 20-50%는 보통, 50%이상은 부정확한 것으로 간주한다. <표 3>의 결과에서 변수 9개의 오차율이 5%의 미만을 보여 예측력이 높은 것으로 판단할 수 있다.

<표 3> 변수별 ARIMA모형 예측력 검정

	연도	기초연구 사업예산 (억원)	GDP (억원)	소비자물가 총지수 (2015=100)	정부 총예산 (억원)	민간연구 개발투자 (억원)	전임 교원수 (명)	국내 석·박사 수 (명)	과학기술 정책의지	SCI 논문수 (건)	기초연구 과제수 (개)
실제 값	2014	10,192	14,860,793	99	3,253,779	498,545	78,467	221,564	5.45	55,126	12,056
	2015	10,699	15,641,239	100	3,441,743	511,364	79,620	227,842	5.5	57,626	11,836
	2016	11,032	16,374,208	101	3,552,767	540,050	79,369	232,575	5.37	64,759	12,094
예측 값	2014	10,301	14,821,924	101	3,135,755	498,969	78,751	219,442	5.59	55,628	12,010
	2015	10,518	15,349,393	103	3,250,703	532,339	80,294	226,789	5.59	58,934	12,437
	2016	10,735	15,876,863	106	3,365,650	565,709	81,837	234,137	5.59	62,240	12,865
예측 오차율 (PE,%)	2014	1.1	-0.3	1.2	-3.6	0.1	0.4	-0.9	2.5	0.9	-0.4
	2015	-1.7	-1.9	3.1	-5.6	4.1	0.8	-0.5	1.6	2.3	5.1
	2016	-2.7	-3.0	4.5	-5.3	4.8	3.1	0.7	3.9	-3.9	6.4
평균예측 오차율 (MPE,%)		-1.1	-1.7	2.9	-4.8	2.9	1.4	-0.3	2.7	-0.2	3.7

※ 평균예측오차율(MPE, %)은 절대값 수치로 비교하며, 오차율이 낮을수록 예측력이 높음

3. ARIMAX 모형의 적합성 검증을 위한 예측오차율 비교

영향요인들을 조합하여 <표 4>와 같이 16개의 ARIMAX 모형을 도출하였다. ARIMAX 모형의 예측오차율이 <표 3>의 기초연구지원사업 예산에 대한 ARIMA 모형 예측오차율인 1.1%보다 개선되는 것을 확인하였고 다수의 독립변수를 활용한 예측값 도출에 ARIMAX 모형이 적합함을 확인하였다. 2014년-2016년 값의 예측을 통해 조합7과 조합6에서 가장 낮은 예측오차율을 보임을 확인하였다.

<표 4> ARIMAX 모형에서의 조합별 평균예측오차율

	경제적요인	사회적요인	정치적요인	기초연구관련요인	MPE (%)
조합 1	GDP	전임교원수	과학기술정책의지	SCI 논문수	1.0
조합 2	GDP	석·박사수	과학기술정책의지	SCI 논문수	-2.2
조합 3	GDP	전임교원수	과학기술정책의지	기초연구과제수	-1.2
조합 4	GDP	석·박사수	과학기술정책의지	기초연구과제수	-1.1
조합 5	소비자물가총지수	전임교원수	과학기술정책의지	SCI 논문수	1.9
조합 6	소비자물가총지수	석·박사수	과학기술정책의지	SCI 논문수	-0.2
조합 7	소비자물가총지수	전임교원수	과학기술정책의지	기초연구과제수	-0.1
조합 8	소비자물가총지수	석·박사수	과학기술정책의지	기초연구과제수	3.8
조합 9	정부총예산	전임교원수	과학기술정책의지	SCI 논문수	1.3
조합 10	정부총예산	석·박사수	과학기술정책의지	SCI 논문수	-1.8
조합 11	정부총예산	전임교원수	과학기술정책의지	기초연구과제수	-1.7
조합 12	정부총예산	석·박사수	과학기술정책의지	기초연구과제수	-1.7
조합 13	민간연구개발투자	전임교원수	과학기술정책의지	SCI 논문수	0.7
조합 14	민간연구개발투자	석·박사수	과학기술정책의지	SCI 논문수	-4.6
조합 15	민간연구개발투자	전임교원수	과학기술정책의지	기초연구과제수	-1.2
조합 16	민간연구개발투자	석·박사수	과학기술정책의지	기초연구과제수	-1.3

4. ARIMAX 모형을 활용한 재정소요 전망

ARIMAX 모형 중 조합7(소비자물가총지수·전임교원수·과학기술정책의지·기초연구과제수)과 조합6(소비자물가총지수·석박사수·과학기술정책의지·SCI논문수)의 예측오차는 각 10.1%와 10.2%로 매우 높은 예측력을 보임을 확인하였다.

두 조합을 기초연구지원사업예산의 향후 5년 전망의 모형으로 활용하기 위해 선행적으로 ARIMA 모형을 통해 단일 변수별 5년 전망 값을 <표 5>과 같이 얻었다. 그리고 2017년-2021년의 기초연구지원사업 예산을 전망한 결과는 <표 6>과 같다.

<표 5> 다변량 변수 조합의 요인별 향후 5년(2017-2021년) ARIMA 모형 예측값 도출

	독립변수	소비자물가 총지수	전임 교원 수	국내 석박사수	과학기술 정책의지	SCI 논문수	기초연구 과제수	
예측값	2017	103.3556	80820.4	239864.9	5.374459 ¹¹⁾	69148.8	12493.0	
	2018	105.7111	82271.9	247154.7	5.374459	73538.6	12892.1	
	2019	108.0667	83723.3	254444.6	5.374459	77928.4	13291.1	
	2020	110.4222	85174.8	261734.4	5.374459	82318.1	13690.2	
	2021	112.7778	86626.2	269024.3	5.374459	86707.9	14089.2	
예측 구간 (95%)	2017	HI	105.2553	87796.9	250043.7	5.976013	71632.8	14182.4
		LO	101.4558	73844.0	229686.0	4.772905	66664.7	10803.7
	2018	HI	108.3978	92138.1	261549.7	6.225184	77709.4	15281.1
		LO	103.0244	72405.7	232759.7	4.523733	69367.7	10503.0
	2019	HI	111.3572	95806.9	272074.8	6.416381	83859.5	16217.1
		LO	104.7761	71639.8	236814.3	4.332537	71997.2	10365.1
	2020	HI	114.2218	99127.7	282092.0	6.577566	90129.6	17068.8
		LO	106.6227	71221.9	241376.8	4.171351	74506.6	10311.5
	2021	HI	117.0258	102226.0	291784.8	6.719574	96527.3	17866.6
		LO	108.5297	71026.4	246263.8	4.029344	76888.5	10311.8

<표 6> ARIMAX 모형을 활용한 기초연구지원사업예산 예측값 도출 결과

	독립변수	조합6	조합7	
예측값 (단위:억원)	2017	11205.5	11381.0	
	2018	11379.3	11730.5	
	2019	11553.2	12079.9	
	2020	12084.3	12346.9	
	2021	12258.2	12696.3	
예측구간 (95%)	2017	HI	12100.9	11985.1
		LO	10310.0	10776.9
	2018	HI	13381.7	13081.2
		LO	9377.0	10379.7
	2019	HI	14903.7	14340.0
		LO	8202.6	9819.7
	2020	HI	16989.0	15655.4
		LO	7179.6	9038.3
	2021	HI	18899.1	17176.0
		LO	5617.2	8216.5

11) 과학기술정책의지 예측값의 경우 5년간 동일한 값이 도출되는데, 이는 과학기술정책의지의 최근 수치가 증감을 반복하여 특별한 추이를 나타내지 않기 때문인 것으로 해석된다. 예측구간은 예측값을 중심으로 대칭적으로 해마다 확대되므로, 예측값이 유지되는 경우에도 예측구간은 변화한다.

V. 결론

본 연구에서는 기초연구지원사업 예산에 영향을 미치는 요인들을 도출하고 시계열 예측모형을 활용하여 재정소요를 도출하였다. 다양한 분야의 예산결정요인 관련 선행연구 검토, 정부연구개발사업 및 기초연구지원사업의 예산배분·조정 업무 담당자 등의 의견을 수렴하여 기초연구지원사업에 적용가능한 영향요인을 선정하였다. 다음으로 예측모형 도출을 위해 종속변수 및 영향요인 9개에 대한 28개년의 데이터셋을 수집하였고 변수별 ARIMA 모형을 수립하는 과정을 진행하였다. 단일변수별 ARIMA 모형이 높은 예측력을 나타냈고 ARIMAX 모형을 통해 종속변수의 예측오차율이 더욱 개선되면서 ARIMAX 예측모형의 적합성을 확인하였다. 이 중 가장 예측오차율이 낮은 변수조합으로 ARIMAX 모형을 선정하여 기초연구지원사업의 향후 5년(2017년-2021년)동안의 예측값을 도출하였다.

본 연구는 통계적 분석방법을 활용하여 기초연구지원사업의 재정소요를 전망하는 기존 연구가 전무한 상황에서, 통계적 분석방법인 시계열 예측모형을 활용한 시범적 연구로서의 의의를 지닌다. 또한 예산추계에 많이 활용되는 단변량 모형이 아닌, ARIMAX 모형을 활용함으로써 예산규모에 영향을 미치는 여러 가지 요인들을 고려하고자 하였고, 그 결과 단변량 예측모형에 비해 예측력이 개선됨을 확인하였다. 즉, 재정소요를 보다 정확하게 예측하기 위해 경제적 요인, 사회적 요인, 정치적 요인, 기초연구 관련요인을 예측모형에 포함시키는 것이 필요하며, 이때 예측력을 높이는 개별 변수가 존재하는 것이 아닌, 예측력이 개선되는 변수의 특정 조합이 존재함을 확인하였다. 지금까지 기초연구를 위한 정부 투자규모의 산출은 많은 부분 단순 시뮬레이션에 의지한 경향이 컸다. 그러나 이후에는 예측 모형을 활용한 전망 결과도 함께 활용될 수 있는 가능성을 제시하여, 정책적 판단의 갭을 파악하거나 향후 방향성을 제시하는데 참고하는 등 실질적인 정책적 활용도의 측면에서 본 연구의 기여점이 있다고 할 수 있다.

뿐만 아니라 기초연구의 예산이 지속적으로 증가하는 것에 비해 구체적인 증액속도와 규모를 예측하기 힘들어 체계적 사업계획 수립이 어려웠던 한계가 있었으나, 예측모형을 활용해 어느 정도의 전망이 가능해진다면 예산 규모와 연구자의 수요를 보다 면밀히 고려하여 세부적인 지원전략 수립이 가능해지고, 이에 따라 예산배분의 효율성이 높아질 수 있을 것으로 기대할 수 있다. 기초연구 투자 확대에도 불구하고 연구자의 체감도가 여전히 낮은 문제점이나 수요를 고려한 기초연구지원사업 지원체계 개편 필요성에 대한

지적(신애리·윤수진, 2017: 14; 국가과학기술심의회, 2017: 149; 국가과학기술심의회, 2018: 186) 등은 이를 통해 다소나마 해소될 수 있을 것이다.

이러한 의의에도 불구하고 기초연구지원사업의 재정소요 전망을 계량적 예측모형을 활용하여 도출한 시범적 시도인 만큼 몇 가지의 한계점이 존재한다. ARIMA 모형의 경우 표본의 수가 많으면 많을수록 예측이 원활하게 이루어지고, 더 정확한 값을 나타낸다. 시계열분석 시, 최소 50개 이상의 표본(관측치)이 필요하다는 의견이 있으나(김영주, 2014) 본 연구에서는 자료의 한계로 인해 28개년의 데이터로 분석을 진행하였다. 다음으로, 문재인 정부는 우리나라 기초연구의 중요성을 강조하면서 2022년까지 연구자주도 기초연구 예산을 2배 확대하겠다는 국정과제를 발표한 바 있다. 이는 매우 도전적인 목표로, 2017년 이후에 발생하는 큰 폭의 기초연구 예산 확대를 직접적으로 견인하였으나, 본 연구의 분석 데이터 범위는 2016년까지로 해당 요인이 반영되지 못한 한계가 있다. 본 연구에서는 연구개발비 비중으로 정부의 정책의지를 반영하고자 하였으나, 정권에 따라 국정목표가 변화하는 만큼 정권교체 자체나 정책목표를 변수로 고려하는 방법도 있다. 이러한 경우 해당 정권이 유지되는 기간 동안 영향을 미칠 수 있는 현 정권의 정책목표를 미리 고려할 수 있다는 이점이 있으므로 후속연구에서는 정책적 요인을 해당 정권 자체의 요인으로 포함하여 분석하는 방안을 고려해보는 것도 의의가 있을 것으로 보인다. 마지막으로, 기초연구지원사업 예산의 영향요인을 선정하는 과정에서 더욱 다양한 분야의 전문가 의견을 수렴하여 변수를 선정한다면 예측력을 보다 높이는 것이 가능할 수 있을 것이다.

본 연구는 기초연구의 재정소요를 전망하는 예측모형을 도출하는 최초의 시도로, 후속 연구에서는 이러한 한계점을 수정·보완하여 보다 정교한 예측모형이 개발될 필요가 있고, 개선된 모형을 통해 기초연구의 향후 재정소요가 보다 정확하게 도출될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

(1) 국내문헌

- 국가과학기술심의회 (2017), “2018년도 정부연구개발 투자방향 및 기준(안)”. 『국가과학기술심의회 운영위원회』, 2017.3.14.
- 국가과학기술심의회 (2018), “2019년도 정부연구개발 투자방향 및 기준(안)”, 『국가과학기술심의회 운영위원회』, 2018.3.14.
- 국정기획자문위원회 (2017), “문재인정부 국정운영 5개년 계획”.
- 김기완·이주호 (2013), “국가연구개발체제 혁신방안 연구: 창조경제 구현을 위한 제언”. 『한국개발연구원 연구보고서』, 2013-07.
- 김선근·오완근 (2004), “정부와 민간의 R&D 투자 및 국민소득간의 인과관계 분석: 한·미·일 국제 비교”, 『한국기술혁신학회』, 제7권 2호, pp.257-281.
- 김영주 (2014), “계절 ARIMA 모형을 활용한 저가항공 수요예측 - 국내선 제주권·내륙권 예측 비교 분석-”, 『관광연구논총』, 제26권 제1호(통권38), pp.3-25.
- 김철현·남중오 (2015), “VAR 모형을 이용한 유통단계별 갈치가격의 인과성 분석”, 『The Journal of Fisheries Business Administration』, 46(1), pp.093-107.
- 문관식·황은혜·신애리 (2016), “기초연구사업 투자분석을 통한 효과적인 기초연구 추진방안 연구”, 『한국기술혁신학회 2016년도 추계학술대회 논문집』, pp.319-329.
- 미래창조과학부 (각 연도), “과학기술논문(SCI) 분석 연구”.
- 박광균·전지성·조주연·정원윤 (2015), “학문분야별 특성을 고려한 기초연구지원사업 개선방안 연구”, 『미래창조과학부』.
- 박기범·신은정·양현채·정효정·오진숙 (2017), “기초연구 지원 확대의 쟁점과 과제”, 『STEPI insight』, Vol 219.
- 박소희·이홍권·이현숙·조운주·이홍직·김인직·이혜진 (2014), “정부 R&D예산 편성과정의 정책이론적 분석 가능성 탐색”, 『KISTEP 연구보고』, 2014-026.
- 박재성 (2015), “GAM 및 ARIMAX 모형을 적용한 대기오염물질의 건강영향 시계열분석에 관한 연구”, 『서울대학교 대학원 보건학과』.
- 박종훈·민경찬·김승환·배병수·금종해·공현경·우유미·이유경 (2014), “국내외 여건 변화에 따른 효과적·효율적 기초연구 지원체계 및 맞춤형 기초연구 홍보전략 수립 연구”, 『미래창조과학부』.
- 박준경·이호창 (1985), “경제변수의 시계열분석”, 『한국개발연구원 연구보고서』, 85-02.
- 송경재·양희민 (2005), “시계열 분석에 의한 국제유가 예측; Nymex-WTI 선물가격을 중심으로”. 『통계청 통계연구』, 제10권 제1호, pp.62-81.
- 신무섭 (2007), “한국 지방자치단체 지출수준의 결정요인”. 『한국행정논집』, 제19권 3호, pp.609-635.

- 신애리·윤수진·함선영·이상경·염경환 (2018), “재정소요 전망에 따른 기초연구분야 중장기 투자포트폴리오 수립 연구”, 『KISTEP 연구보고』, 2018-006.
- 신애리·윤수진 (2017), “신정부의 기초연구 투자를 위한 정책제언”, 『KISTEP Issue weekly』, 2017-03(통권 제209호).
- 신은정 (2016), “기초연구 지원 동향 및 시사점1:주요 선진국 사례”. 『STEPI 동향과 이슈』, 제24호.
- 심우중·김은실. (2010). “우리나라 국가연구개발사업 정부연구비의 투입대비 성과의 다각적 분석”, 『한국기술혁신학회』, 제13권 1호, pp.1-27.
- 엄익천 (2011), “정부연구개발예산의 결정요인에 관한 연구”, 『한국행정학회 학술발표논문집』, pp.134-157.
- 원종욱·성병찬·장인수 (2016), “ARIMAX 모형을 적용한 건강보험지출 장기전망”. 『보건경제와 정책연구』, 제22권 제2호, pp.1-27.
- 유승훈 (2003), “정부 R&D 투자와 민간 R&D 투자의 인과관계 분석”. 『기술혁신연구』, 제11권 제2호, pp.175-194.
- 윤성채 (2014), “정부예산결정이론의 적합성 검증”, 『한국행정논집』, 제26권 제2호, pp.135-161.
- 이민형·안두현·박동배·박기범·김계수·박미영·김은실 (2009), “창의적 기초연구 활성화를 위한 추진전략 및 지원방안”, 『STEPI 정책연구』, 2009-17.
- 이우리 (2013), 『시계열분석과 예측 - 이해와 응용-』, 도서출판 탐진.
- 이우성·박미영·김보현 (2014), “기초·원천연구 투자의 성과 및 경제적 효과분석”. 『STEPI 정책연구』, 2014-21.
- 이윤빈·이상남·채수연·김준수 (2015), “학문분야별 특성을 고려한 개인기초 연구과제 지원 방안 연구”, 『KISTEP 연구보고』, 2015-065.
- 이현숙·조성식·고용수·김석필·김정권·박정일·배상태·엄익천·이상현·이흥권·정상기·최미나·김성아·용태석 (2011), “예산결정요인 분석을 통한 정부R&D 재정소요추정 방법론 탐색”, 『KISTEP 연구보고』, 2012-048.
- 임길환 (2016), “기초연구지원 R&D 사업평가”, 『국회예산정책처』, 사업평가 16-07(통권 357호).
- 장연수 (2000), “대통령의 정책의지와 부처예산형성에 관한 연구-문민정부 농림수산부를 중심으로-”, 『한국행정학보』, 제34권 제4호, pp.59-81.
- 조수현 (2008), “예산결정의 제도적 맥락과 제한된 합리성 : R&D분야의 예산 종합조정을 중심으로”, 『현대사회의 행정』, 제18권 제2호, pp.1-24.
- 조수현 (2009), “지방정부사회복지예산 결정의 메커니즘과 구조적맥락”. 『지방행정연구』, 제23권 제2호, pp.101-131.
- 진상기·오철호 (2015), “예산형성 과정에 있어서의 ‘정치·행정 요인’의 재발견: 한국고등교육 예산의 시계열회귀분석을 중심으로”, 『한국행정연구』, 제24권 제1호, pp.103-137.
- 최수임·손홍구·김삼용 (2018), “전기 자동차 전력 수요 예측 연구”, 『한국데이터정보과학회지』, 2018-29(5), pp.1137-1153.

- 최영문 (1997), “관광수요예측모형의 예측정확성 평가”. 『경기대학교대학원 박사학위논문』.
- 통계청 (각 연도), “소비자물가조사 통계 자료”.
- 하규만 (2001), “국민총생산과 연구개발 투자비율의 상관관계에 관한 연구:1990년대 초반부터”, 『행정논총』, 제39권 제1호, pp.203-211.
- 한국과학기술기획평가원 (각 연도a), “정부연구개발예산 현황분석”.
- 한국과학기술기획평가원 (각 연도b), “연구개발활동조사보고서”.
- 한국과학기술기획평가원 (각 연도c), “국가연구개발사업 조사분석보고서”.
- 한국교육개발원 (각 연도), “교육통계연보”.
- 한국연구재단 (각 연도), “연구지원통계연보”.
- 한국은행 (각 연도), “국민소득”.
 _____ (각 연도a), “소비자물가조사”.
- 함성득·윤기중 (2002), “한국의 국방비 영향요인의 실증적 분석”. 『한국행정학보』, 제36권 제3호, pp.129-145.
- OECD·한국과학기술기획평가원 (2016), “프라스카티 매뉴얼 2015, 연구개발 자료수집과 보고에 관한 지침”.

(2) 국외문헌

- Chan, K.·B. Ripley (2018), Time Series Analysis, Version 1.2. URL: <https://cran.r-project.org/web/packages/TSA/>
- Dritsakis, N. ·P. Klazoglou (2017), *Time series analysis using ARIMA models: an approach to forecasting health expenditures in USA*, 2019 volume 72, Issue 1 - February, pp.77-106.
- Hawes, J. M. (2015), *Proceedings of the 1989 Academy of Marketing Science (AMS) Annual Conference*. Springer.
- Jones, B.·F. Baumgartner·C. Breuning, C. Wlezien·S. Soroca, M. Foucault·A. Francois·C. Green·Pedersen·C. Koski, P. John·P. Mortensen·F. Varone, and Walgrave (2009), *A General Empirical Law of Public Budget: A Comparative Analysis*. American Journal of Political Science Vol. 53(4), pp.855-873.
- Pankratz, A. (1991), *Forecasting with Dynamic Regression Models*. 1st Edition, Wiley-Interscience.
- Swanson, C. J. (2008), *Long-Term Financial Forecasting for Local Governments*, Government Finance Review, pp.60-66.
- Wildavsky, A. (1979), *How to Limit Government Spending*. University of California Press.
- Williams, D. W.·T. D.Calabrese (2016), *The status of budget forecasting*. Journal of Public and Nonprofit Affairs, 2(2), pp.127-160.
- 투고일: 2019.07.04. / 수정일: 2019.12.02. / 게재확정일: 2019.12.02.