

개발과 이슈

중점협력국 인간개발지수(HDI)의 시계열 분석 및 예측

- ARIMA(Autogressive integrated moving average, 자기회귀누적이동평균) 모형을 이용하여

I. 서론

- 1.1 연구배경
- 1.2 선행연구

II. 시계열분석의 개념

- 2.1 ARIMA 모형의 이해
- 2.2 Box-Jenkins 방법론

III. 분석의 설계

- 3.1 변수의 정의
- 3.2 Box-Jenkins 절차에 따른 ARIMA 분석

IV. ARIMA 모형을 통한 실증분석

- 4.1 예측
- 4.2 시사점

V. 종합결론

외교부 산하 무상원조기관인 한국국제협력단(Korea International Cooperation Agency, KOICA)은 경영실적을 평가하는 대표 성과지표로 우리 정부 중점 협력 24개국의 HDI 지표를 활용하고 있다.

이는 우리 ODA에 대한 성과 측정을 예산이 집중 투입되는 24개 중점협력국의 '삶의 질' 향상과 직접 연계하여, ODA 사업 책무성을 강화하고 내실화를 증대시키려는 전략으로 파악된다.

하지만 우리 정부 ODA 성과와 거시경제지표인 HDI 지표의 직접적 연계는 리스크를 갖고 있는데, 사업효과성, 성과객관성, 예측불가능성 면에서 그렇다.

ODA 사업의 지속가능성, 원조효과성에 대한 외부의 지속적인 문제 제기를 고려해봤을 때 KOICA 사업의 지속적 성과 제시는 필수 과제이다. 이를 위해서는 대표 성과지표인 HDI 지표에 대한 이해와 분석이 선행되어야 한다.

본 연구는 우리 중점 24개 협력국의 HDI를 예측하고자 한다. 이를 위해 시계열 분석 방법론 중 자기회귀누적이동평균 모형(ARIMA)을 활용하였다. 그리고 이를 바탕으로 KOICA 사업 성과관리에 필요한 시사점을 제시하고자 한다.

前 경영혁신실 근무자 유현욱
(現 팔레스타인사무소 근무)

I. 서론

1.1 연구배경

한 국가의 종합적인 삶의 수준은 여러 가지 지표를 통해 확인할 수 있다. 대표적으로 활용되는 국내총생산(Gross, Domestic Product, GDP)은 한 국가에서 일정 기간 동안 생산하는 부가가치로, 1인당 GDP는 그 나라 국민의 대체적인 생활 수준을 파악하는데 좋은 지표로 활용되고 있다. 하지만 시장에서의 거래를 전제로 한다는 점, 환경·근로시간·여가 등의 ‘질적인 복리후생’ 측정이 어렵다는 점, 소득분배나 빈부격차를 알려주지는 못한다는 점 등의 한계로 경기변동을 파악하는 거시경제지표로서의 활용성이 높을 뿐, 해당 국가의 삶의 개선도를 측정하는 지표로서의 활용 가능성은 낮다. 1인당 GDP는 그 대표적인 사례일 뿐, 대개의 거시경제지표들이 유사한 한계점을 갖는데 이 한계점을 극복하기 위해 UN 개발계획(United Nations Development Programme, UNDP)에서 개발한 것이 인간개발지수(Human Development Index, HDI)이다. HDI는 한 국가의 기대수명, 평균교육기간, 기대교육기간, 1인당 GNI를 가중 평균하여 도출하는 지표로서, 단순한 경제적 부유함(richness of economies)이 아닌 수명, 지적 수준, 삶의 수준 향상 등으로 대표되는 삶의 부유함(richness of human lives)을 측정하는 데 활용된다. UNDP는 1990년 이후 매년 정기적으로 인간개발보고서(Human Development Report, HDR) 발간을 통해 HDI를 발표하고 있는데, 이는 UN의 개발전략이 기존 경제개발 중심에서 인간 중심의 사회개발 및 역량(capability) 강화 중심으로 전환되었음을 의미한다.

이러한 국제적 환경 변화는 우리의 원조전략에도 영향을 미치고 있다. 우리 정부는 2010년 OECD DAC 회원국이 된 이후, 국무총리실 산하 ‘국제개발협력위원회’의 주도 하에 〈국제개발협력 선진화 방안〉을 발표하여 운영하고 있으며, 현재 〈제2차 국제개발협력 기본계획〉을 통해 4개 중점 협력분야(농촌개발, 교육, 보건, 여성)와 24개 중점협력국 지원 전략을 내실화했다. 이는 ‘선택과 집중’을 통해 우리 예산이 집중 투입되는 공적개발원조(Official Development Assistance, ODA)의 효과를 극대화하고자 하는 전략으로, 외교부 산하 무상원조기관인 한국국제협력단(Korea International Cooperation Agency, KOICA)은 매년 경영실적을 평가하는 대표 성과지표로 우리 정부 중점협력 24개국의 HDI 지표를 활용하고 있다. 이는 우리 ODA에 대한 성과 측정을 예산이 집중 투입되는 24개 중점협력국의 ‘삶의 질’ 향상과 직접 연계하여, ODA 사업 책무성을 강화하고 내실화하려는 전략이다.

하지만 우리 정부 ODA 성과와 HDI 지표의 직접적 연계는 리스크를 갖고 있는데, 이는 다음과 같다.

- ① 중점협력국 전체 경제에서 ODA가 차지하는 비중, 그리고 그중 우리 ODA 사업 예산이 차지하는 비중이 작아, 해당국 HDI 향상을 위한 직접적 동인이 부족하다.
- ② 24개 중점협력국을 대상으로 한 ODA 원조효과성에 대한 선행 연구의 부족으로, 한정된 예산을 활용한 전략적 접근에 한계가 있다.
- ③ 수원국 경제·사회 여건의 차이로 HDI가 균등하게 상승하지 않고, 이에 대한 예측이 어렵다.

따라서, 우리 정부 ODA 사업의 지속가능성을 위해 원조효과성에 대한 국민 신뢰가 선결과제라면, 원조효과성의 대표 지표로 활용되는 우리 24개 중점 협력국의 HDI에 대한 연구는 필수적이라고 판단된다.

본 연구는 시계열 분석을 통해 24개 중점협력국의 HDI를 예측하고자 한다. 이는 개발도상국에 특히 취약하지만 예측할 수 없어 고려 불가능한 외생적 충격(Exogenous shock)의 리스크를 배제한 후, 과거 시계열 자료에 내재된 정보만을 이용하여 도출한 기초선 연구(baseline survey)로서 그 활용가능성이 크다는 데 의의가 있다.

또한, 본 연구는 ARIMA 모형을 활용하여 우리 중점 협력 24개국 HDI 지표를 최초로 분석하였다는 측면에서 연구의 의의가 있음을 밝힌다.

1.2 선행연구

HDI를 예측하는 선행연구로는 대표적으로 RAND에서 발표한 〈Forecasting the Human Development Index(HDI)〉 연구가 있으며, RAND Pardee center는 이 모형을 지속적으로 개선·활용하여 183개국의 HDI 등 거시경제지표 예측 연구를 내놓고 있다. IF 모형은 인구 예측 부분에 코호트 요인법(Cohort Component Method), 경제 예측 부분에 다부문 일반균형 모형(Multi-sectoral general equilibrium), 사회·정치 예측 부문에 생활조건, 문화 정보 등 사회정치적 구조 변화를 반영하여 결합한 복합 모형이다. 이 연구에서는 HDI의 기초선 예측(Base case)과 함께 HIV/AIDS 통제 실패 시나리오, 새천년개발목표(Millennium Development Goals, MDGs) 하 공여국의 목표 이행을 가정한 시나리오 예측을 시도하였다. 이 연구는 1960년 이후 축적된 거시경제지표를 토대로, 기초선 예측과 더불어, 사회·경

제·정치적 변화에 따른 영향을 모두 고려했다는 점에서 중요한 연구 가치가 있다.

하지만, IF 모형은 설계에 있어 다음을 주요 가정으로 삼는데 지난 10여 년간, 그리고 앞으로의 환경 변화에 따라, 그리고 국가별 상황 여건에 따라 지속가능성을 담보하기 어려운 측면이 있다.

- ① 인간개발에 영향을 미치는 이슈의 범위는 사람 간 상호작용의 확대, 사람이 환경에 미치는 영향의 증대로 인해 앞으로도 증대될 것이다. 또한 특정 이슈의 영향은 지역적인 관점에 국한되지 않고 전 세계적으로 더욱 확산될 것이다.
- ② 인간개발의 목표와 우선 순위는 MDGs를 통해 볼 수 있는 바와 같이 갈수록 명확해지고, 삶의 조건을 측정하는 자료의 수준은 향상될 것이다.
- ③ 인간의 선택과 행동의 영역은 점점 더 증대될 것이다.

또한, 동 연구는 2004년에 발표된 것으로 이후 10년간 발표·누적된 HDI 데이터에 대한 고려는 이루어져 있지 않다. 이는 HDI 지표가 매년 발표 시점에 전년도 수치까지 모두 변동되는 특성을 감안했을 때, 10여 년이 지난 시점에서 적절치 않을 것으로 판단된다.

본 연구는 시계열 연구에 따르는 가장 기초적인 가정만을 활용하고, 10여 년간 누적된 데이터를 토대로 HDI를 예측한다는 점에서, 동 선행연구와 구별되는 특징을 갖는다.

II. 시계열 분석의 개념

2.1 ARIMA 모형의 이해

시계열 분석(Time series analysis)은 분석 대상 변수로 시계열 자료를 활용하는 것으로, 과거의 관측치의 변동요인에 근거하여 미래값을 예측하는 데 그 본질적인 목적이 있다. 일반적으로 변동요인은 추세변동(secular trend), 계절변동(seasonal trend), 순환변동(cyclical variation), 불규칙변동(irregular variation)으로 구분된다¹⁾. 전통적(Classical method)으로 추세변동은 다항식 회귀분석(Polynomial regression), 이동평균평활(Moving Average smoothing), Kernel 평활(Kernel smoothing) 등을 통해 패턴 분석을 하고, 그 외의 변동에

대해서는 랜덤요소 분석을 실시하여 왔다. 하지만, 이 방식은 적정 모형을 찾기에 비체계적일 뿐 아니라, 본질적으로 시행착오(trial and error) 방식이므로 분석에 시간과 자원이 많이 소요되어 비효율적이고, 모형의 적정성에 대한 이론적 검증이 어려운 한계점을 갖는다.

이러한 시계열 분석은 1970년대에 박스(George Box)와詹킨스(Gwilym Jenkins)에 의해 자기회귀누적이동평균(Autoregressive integrated moving average, ARIMA) 모형을 이용한 시계열 예측 방안이 제시되면서 비약적인 발전을 이룩하게 되는데, 이 경제학 관련 예측 연구의 논문²⁾에서 소개된 방식을 박스-詹킨스(Box-Jenkins) 방법이라 부른다.

이러한 시계열 분석 방법은 안정적 시계열(stationary) 자료를 조건으로 하는데, 안정적 시계열은 다음의 특징을 갖는다.

- ① 결합확률분포가 시간의 함수가 아닌 시차의 함수로, 시간과 독립적이다.
- ② 같은 시차의 변수 간 평균과 표준편차는 동일하다.

2.2 Box-Jenkins 방법론

박스-詹킨스에 의해 개발된 ARIMA 모형의 분석 방법(Box-Jenkins approach)은 다음의 단계에 따라 수행된다.

먼저, 시계열 자료의 안정성 판단을 위한 안정성 검정(stationary test)을 한다. 과거에는 자기상관함수(ACF, Autocorrelation function)와 편자기상관함수(PACF, Partial Autocorrelation) 도표를 활용하여 시차별 상관도를 시각적으로 확인하는 방식만으로 시계열 안정성을 파악하였으나, 본 연구에서는 이와 함께 ADF 검정(Augmented Dickey Fuller test)을 병행하여 시계열 자료의 안정성을 확인하고자 한다. 이에 따라, 시계열 자료가 불안정적(non-stationary)인 것으로 확인될 경우 1차 차분을 통해 시계열 안정성을 확보한다.

두 번째는 안정성이 확보된 자료의 변동패턴을 가장 잘 대변할 수 있는 모형 선정 단계이다. 이 때 ACF와 PACF를 다시 활용하는데, 임계치 밖의 자기상관을 갖는 시차를 확인하여 다수의 모형 후보군을 선정하게 된다.

세 번째 단계에서는 다수의 모형 후보군을 대상으로 최종 모형을 선별한다. 이 때 AIC 정보기준(Akaike information Criterion)과 BIC 정보기준(Baysian Information Criterion) 중

1) 이종원, <경제경영통계학>, p.672

2) Box and Jenkins, <Time series analysis – forecasting and control>, 1976.

하나를 준용한다. 대개의 경우 BIC 정보기준이 보수적인 추정을 하는 것으로 알려져 있다. 이 중 어떠한 기준을 사용하든 그 기준의 산출치의 절대값 자체에 대한 의미를 부여할 수는 없고, 모형 간 상대 비교를 위한 준거가 된다. 본 연구에서는 AIC 정보기준의 최소값 기준(Min AIC)을 준용한다.

네 번째 단계에서는 선정된 모형의 잔차 검정(residual test)을 통해 추정된 계수 값의 적정성을 검정한다. 적정하게 추정된 모형은 잔차가 백색소음(white noise) 형태를 따르게 된다. 확인을 위해 잔차에 대한 ACF, QQ plot, Portmanteau 검정을 종합적으로 수행할 것이다.

마지막 단계에서는 적합성이 검증된 추정 모형을 통해 실제 예측값을 도출할 것이다.

III. 분석의 설계

3.1 변수의 정의

본 연구에서 활용된 자료는 기본적으로 UNDP에서 발표하는 HDR에 명시된 출처³⁾를 따른다. UNDP가 동 보고서(HDR)나 홈페이지를 통해 직접 제공하는 자료를 그대로 활용하는 방법에 비해, 출처 자료의 직접 활용은 더 많은 시계열 자료를 확보할 수 있는 장점을 갖는다⁴⁾. 따라서 본 연구에서는 출처에 명시된 직접적인 자료를 우선적으로 활용하고 UNDP 직접 제공 자료를 통해 확인하는 방식을 취했다. 또, 인간개발보고서는 당해 보고서를 통해 전년도 HDI를 발표하는 시차의 문제가 존재한다. 따라서 2017년에 발표된 〈Human Development Report 2016〉을 기초로 하는 본 연구의 시계열 자료 축적기간은 대체로 1950년부터 2015년까지이며, 구성 요소별로 사용 자료의 차이가 있어 다음과 같이 상세 설명을 부연한다.

1) 기대수명(Life expectancy)

기대수명은 새로 태어난 영아가 출생 당시 사망률이 유지되었다고 가정했을 때, 생애 동안 기대할 수 있는 수명으로 정의한다. UNDESA(United Nations Development of Economic and Social Affairs)를 통해, 우리나라 24개 중점협력국의 1960년부터 2014년까지 연간 데이터를 활용할 수 있다. 본 연구 시점에 2015년 수치는 발표되지 않아 HDR 2016 보고서에

기재된 수치를 활용하였다.

2) 기대교육기간(Expected years of schooling)

기대교육기간은 학령 아동 입학 당시 취학률이 유지되었다고 가정했을 때, 일생 동안 기대할 수 있는 교육 기간으로 정의한다. UNESCO(The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization)에서 1970년부터 2014년까지의 자료를 제공하여 본 연구에서는 이를 기본으로 활용하고, 2015년 수치에 대해서만 HDR 보고서를 활용한다. 하지만 우리 24개 중점협력국은 개발도상국의 특성상 자료의 지속적·안정적인 축적이 어려워 결측치가 상당한 것으로 확인된다.

일반적으로 결측치의 처리는 완전 무작위 결측 발생(missing completely at random)이라는 가정 하에, 불완전한 자료는 무시하고 완전한 자료만으로 분석하는 것이 일반적이다⁵⁾.

하지만 본 연구에서는 그러한 가정을 따를 경우, 분석에 활용할 수 있는 데이터의 숫자가 절대적으로 부족하여 연구 자체가 이루어질 수 없는 한계에 봉착하게 된다. 통계 방법론에서는 이러한 문제 해결을 위해 보삽법(linear interpolation), 평균 대치법(mean imputation), 단순 확률 대치법(single stochastic imputation), 다중 대치법(multiple imputation) 등의 방법을 제시하고 있다. 본 연구에서는 이 중 결측치 자료는 양 관측 기간 사이를 보삽법(linear interpolation)으로 보완하였다. 이후 ARIMA 분석을 통해 향후 3개년(2016년, 2017년, 2018년)의 기대교육 기간을 예측할 것이다.

국가별로 분석 대상 기간의 차이는 아래와 같다.

[표 1] 국가별 기대교육기간 분석 대상 기간

국가명	분석대상
아제르바이잔, 우즈베키스탄 등 2개국	1980년 - 2015년
방글라데시, 볼리비아, 캄보디아, 콜롬비아, 에티오피아, 가나, 인도네시아, 라오스, 몽골, 모잠비크, 미얀마, 네팔, 파키스탄, 파라과이, 페루, 필리핀, 르완다, 세네갈, 스리랑카, 우간다, 탄자니아, 베트남 등 22개국	1970년 - 2015년

3) UNDP, 〈Human Development Report 2016—Human development index and its components〉, p.208

4) UNDP는 HDR 보고서와 홈페이지를 통해 1980년부터 5년 단위의 단편적인 자료 또는, 1990년대 이후부터의 자료만을 제공한다.

5) 하지만 이 경우에도 효율성(efficiency) 상실의 문제와 통계적 추론의 타당성 문제가 있다.

3) 평균교육기간(Mean years of schooling)

평균교육기간은 현재 25세 이상 성인의 평균적인 교육기간으로 정의하며, 연령대 각각의 공식적 교육지속기간을 활용하여 도출한다. HDR에서는 관련 연구의 권위자인 R. Barro와 이종화 교수의 연구 논문⁶⁾ 자료를 기초로 한다고 밝히고 있다. 하지만 이 자료는 1950년부터 2014년까지를 대상으로 하고, 측정 빈도는 5년이며, 앞서 부연 설명한 바와 같이 개발도상국 특성상 국가별로 결측치가 존재한다. 이에 따라 본 연구에서는 3개 출처(Barro & Lee, UNESCO, UNDP) 중 활용 가능한 데이터가 가장 많이 누적되어 있는 UNDP 자료를 활용한다. 국가별 분석 대상 기간은 아래와 같다.

[표 2] 국가별 평균교육기간 분석 대상 기간

국가명	분석대상	비고
아제르바이잔	1995-2015	UNDP 제공 자료 활용
방글라데시, 볼리비아, 캄보디아, 콜롬비아, 가나, 인도네시아, 라오스, 몽골, 모잠비크, 미얀마, 네팔, 파키스탄, 파라과이, 페루, 필리핀, 르완다, 세네갈, 스리랑카, 탄자니아, 우간다, 베트남	1990-2015	
에티오피아	2000-2015	
우즈베키스탄		

4) 1인당 GNI(Gross national income per capita, purchasing power parity)

GNI는 해당 국가 국민의 평균소득수준을 2011년 달러 기준으로 구매력 평가 환율에 의거하여 도출한 지수이다. World Bank와 IMF(International Monetary Fund), UNSD(United Nations Statistics Division)에서 자료를 제공하고 있으며, 대상기간은 1990년-2015년이다. 본 연구에서는 1차적으로 데이터가 가장 안정적으로 확보되어 있는 World Bank 제공 자료를 활용한다. 1인당 GNI 수치가 확정된 국가는 2015년까지의 World Bank 발표치를 즉시 활용하여 2016년 HDI를 예측하고, 수치가 확정되지 않은 국가의 경우 2015년 데이터는 〈Human Development Report 2016〉의 발표 수치를 활용한다. 국가별 분석 대상 기간은 다음과 같다.

6) Barro and Lee, 〈A new data set of educational attainment in the world, 1950-2010〉, Journal of Development Economics, 2014.

[표 3] 국가별 1인당 GNI 분석 대상 기간

국가명	분석대상
아제르바이잔	1994-2015
캄보디아	1995-2015
에티오피아	2011-2015
가나	2006-2015
라오스	2011, 2014, 2015
몽골	2005-2015
미얀마	2001-2015
네팔	2001-2015
파라과이	1995-2015
우즈베키스탄	
방글라데시, 볼리비아, 콜롬비아, 인도네시아, 모잠비크, 파키스탄, 페루, 필리핀, 르완다, 세네갈, 스리랑카, 탄자니아, 우간다, 베트남	1990-2015

3.2 Box-Jenkins 절차에 따른 ARIMA 분석

1) 자료의 안정성 검정

전통적인 Box-Jenkins의 절차에 따르면, ARIMA 분석 전 시계열 자료의 안정성 확인을 위해 ACF와 PACF 도표를 활용할 것을 권장하고 있다. 하지만, D.A. Dickey와 W.A. Fuller에 의해 단위근을 검정하는 보편적인 검정법인, ADF test(Augmented Dickey-Fuller test)⁷⁾가 개발된 이후, 시계열 자료의 정상성(stationary)은 이 검정법을 통해 확인하고 있다. 이에 따라 본 연구에서는 자료의 안정성 검정을 위해 ACF, PACF 도표 확인과 아울러, ADF 검정을 시행한다. ADF 검정은 아래와 같은 식을 이용하여 수행된다.

$$\Delta y_t = \alpha + \gamma y_{t-1} + \sum_{s=1}^m \alpha_s \Delta y_{t-s} + \nu_t$$

7) D.A. Dickey and W.A. Fuller, 〈Distribution of the estimators for Autoregressive Time Series with a Unit root〉, Journal of the American Statistical Association, vol.74, pp. 427-443, 1979.

여기서 $\gamma=0$ 이면 자기상관계수가 1이 되고, 단위근을 갖고 있어 시계열이 불안정적(non-stationary)이다. ADF 검정에서는 이를 귀무가설($H_0:\gamma=0$)로 두고, 대립가설은 $\gamma<0$ 이면 자기상관계수는 1보다 작은 것으로 판단하여 시계열이 안정적이라고 가정한다. ADF 검정을 통해 귀무가설이 기각되면 대립가설이 채택되며, 시계열은 안정적이다. ADF 검정은 Dickey-Fuller 검정 시 잔차항에서 발생하는 자기상관 현상을 보완하기 위해 고안된 것으로, 차분추가항(augmented terms, $\sum_{s=1}^m \alpha_s \Delta y_{t-s}$)을 충분히 추가해주는 것이 중요하다. 이 때 AIC 최소값 기준을 준용할 것을 권고하는데, 본 연구에서도 이를 따라 차분추가항의 개수(m)를 확정한다. 이후, ADF 검정을 통해 자료가 불안정적인 것으로 검정되면 차분을 통해 단위근을 제거한다. 1차 차분 이후에도 단위근이 사라지지 않는다면, ARIMA 모형에 의한 추정은 유효하지 않은 것으로 판단된다. 본 연구에서는 이 경우 추정불가로 구분하여, HDI 예측에 있어서는 전년도 수치를 그대로 활용한다.

각 변수와 국가별 ADF 검정 결과는 [표4~7]과 같다.

[표 4] 국가별 기대수명 시계열 정상성 검정(ADF test) 결과

국가명	원자료 검정결과	차분 후 검정결과
아제르바이잔	Dickey-Fuller: -1.58/P VALUE: 0.46	Dickey-Fuller: -4.23/P VALUE: 0.01
방글라데시	Dickey-Fuller: -0.48/P VALUE: 0.86	Dickey-Fuller: -3.75/P VALUE: 0.01
볼리비아	Dickey-Fuller: 1.54/P VALUE: 0.99	(1차) Dickey-Fuller: -0.22/P VALUE: 0.99 (2차) Dickey-Fuller: -3.03/P VALUE: 0.01
캄보디아	Dickey-Fuller: -0.41/P VALUE: 0.479	Dickey-Fuller: -8.19/P VALUE: 0.01
콜롬비아	Dickey-Fuller: -0.63/P VALUE: 0.81	Dickey-Fuller: -5.03/P VALUE: 0.01
에티오피아	Dickey-Fuller: 0.02/P VALUE: 0.95	Dickey-Fuller: -2.03/P VALUE: 0.042
가나	Dickey-Fuller: -0.80/P VALUE: 0.75	Dickey-Fuller: -3.06/P VALUE: 0.01
인도네시아	Dickey-Fuller: -2.07/P VALUE: 0.28	(1차) Dickey-Fuller: -1.30/P VALUE: 0.19 (2차) Dickey-Fuller: -2.20/P VALUE: 0.02
라오스	Dickey-Fuller: -1.23/P VALUE: 0.59	(1차) Dickey-Fuller: 0.51/P VALUE: 0.77 (2차) Dickey-Fuller: -1.99/P VALUE: 0.04
몽골	Dickey-Fuller: 1.32/P VALUE: 0.99	Dickey-Fuller: -2.69/P VALUE: 0.01
모잠비크	Dickey-Fuller: 0.14/P VALUE: 0.96	Dickey-Fuller: -4.06/P VALUE: 0.01
미얀마	Dickey-Fuller: -1.94/P VALUE: 0.33	Dickey-Fuller: -2.45/P VALUE: 0.016
네팔	Dickey-Fuller: -3.36/P VALUE: 0.069	(1차) Dickey-Fuller: -2.61/P VALUE: 0.097 (2차) Dickey-Fuller: -2.84/P VALUE: 0.01
파키스탄	Dickey-Fuller: -0.09/P VALUE: 0.94	(1차) Dickey-Fuller: -0.76/P VALUE: 0.36 (2차) Dickey-Fuller: -1.51/P VALUE: 0.13 (3차) Dickey-Fuller: -3.55/P VALUE: 0.01
파라과이	Dickey-Fuller: -1.01/P VALUE: 0.67	(1차) Dickey-Fuller: -1.29/P VALUE: 0.20 (2차) Dickey-Fuller: -2.87/P VALUE: 0.01
페루	Dickey-Fuller: -2.80/P VALUE: 0.069	Dickey-Fuller: -3.83/P VALUE: 0.01
필리핀	Dickey-Fuller: -1.25/P VALUE: 0.59	Dickey-Fuller: -1.98/P VALUE: 0.04
르완다	Dickey-Fuller: -0.33/P VALUE: 0.50	Dickey-Fuller: -7.51/P VALUE: 0.01
세네갈	Dickey-Fuller: -2.28/P VALUE: 0.21	(1차) Dickey-Fuller: 0.61/P VALUE: 0.806 (2차) Dickey-Fuller: -1.78/P VALUE: 0.07 (3차) Dickey-Fuller: -2.35/P VALUE: 0.02
스리랑카	Dickey-Fuller: -1.42/P VALUE: 0.52	Dickey-Fuller: -3.13/P VALUE: 0.01
탄자니아	Dickey-Fuller: 0.39/P VALUE: 0.73	Dickey-Fuller: -5.40/P VALUE: 0.01
우간다	Dickey-Fuller: 0.12/P VALUE: 0.65	(1차) Dickey-Fuller: -0.31/P VALUE: 0.50 (2차) Dickey-Fuller: -4.18/P VALUE: 0.01
우즈베키스탄	Dickey-Fuller: 0.95/P VALUE: 0.99	(1차) Dickey-Fuller: 0.16/P VALUE: 0.66 (시계열 불안정)
베트남	Dickey-Fuller: -1.12/P VALUE: 0.63	Dickey-Fuller: -6.27/P VALUE: 0.01

[표 5] 국가별 기대학교육기간 시계열 정상성 검정(ADF test) 결과

국가명	원자료 검정결과	차분 후 검정결과
아제르바이잔	Dickey-Fuller: 0.11/P VALUE: 0.95	(1차) Dickey-Fuller: -1.31/P VALUE: 0.19 (2차) Dickey-Fuller: -1.89/P VALUE: 0.058 (시계열 불안정)
방글라데시	Dickey-Fuller: 1.25/P VALUE: 0.99	Dickey-Fuller: -2.66/P VALUE: 0.01
볼리비아	Dickey-Fuller: -1.83/P VALUE: 0.37	Dickey-Fuller: -2.62/P VALUE: 0.01
캄보디아	Dickey-Fuller: -0.57/P VALUE: 0.83	Dickey-Fuller: -2.17/P VALUE: 0.03
콜롬비아	Dickey-Fuller: -0.60/P VALUE: 0.82	Dickey-Fuller: -2.62/P VALUE: 0.01
에티오피아	Dickey-Fuller: -0.76/P VALUE: 0.76	Dickey-Fuller: -2.06/P VALUE: 0.04
가나	Dickey-Fuller: 0.45/P VALUE: 0.98	Dickey-Fuller: -2.01/P VALUE: 0.04
인도네시아	Dickey-Fuller: -1.16/P VALUE: 0.62	Dickey-Fuller: -2.13/P VALUE: 0.03
라오스	Dickey-Fuller: -0.32/P VALUE: 0.90	Dickey-Fuller: -1.98/P VALUE: 0.04
몽골	Dickey-Fuller: -0.91/P VALUE: 0.71	Dickey-Fuller: -1.97/P VALUE: 0.04
모잠비크	Dickey-Fuller: -0.74/P VALUE: 0.77	(1차차분) Dickey-Fuller: -1.60/P VALUE: 0.10 (2차차분) Dickey-Fuller: -6.85/P VALUE: 0.01
미얀마	Dickey-Fuller: 0.19/P VALUE: 0.96	Dickey-Fuller: -3.81/P VALUE: 0.01
네팔	Dickey-Fuller: -1.41/P VALUE: 0.53	Dickey-Fuller: -2.39/P VALUE: 0.019
파키스탄	Dickey-Fuller: 1.22/P VALUE: 0.99	Dickey-Fuller: -2.24/P VALUE: 0.02
파라과이	Dickey-Fuller: -0.65/P VALUE: 0.80	Dickey-Fuller: -2.38/P VALUE: 0.019
페루	Dickey-Fuller: -2.23/P VALUE: 0.23	Dickey-Fuller: -4.40/P VALUE: 0.01
필리핀	Dickey-Fuller: -1.52/P VALUE: 0.49	Dickey-Fuller: -4.03/P VALUE: 0.01
르완다	Dickey-Fuller: 0.39/P VALUE: 0.97	Dickey-Fuller: -3.83/P VALUE: 0.01
세네갈	Dickey-Fuller: 2.36/P VALUE: 0.99	(1차차분) Dickey-Fuller: -0.38/P VALUE: 0.48 (2차차분) Dickey-Fuller: -2.36/P VALUE: 0.020
스리랑카	Dickey-Fuller: -0.39/P VALUE: 0.89	Dickey-Fuller: -2.02/P VALUE: 0.04
탄자니아	Dickey-Fuller: -1.99/P VALUE: 0.32	Dickey-Fuller: -2.05/P VALUE: 0.04
우간다	Dickey-Fuller: -1.26/P VALUE: 0.58	Dickey-Fuller: -2.55/P VALUE: 0.01
우즈베키스탄	Dickey-Fuller: -0.79/P VALUE: 0.75	Dickey-Fuller: -1.96/P VALUE: 0.04
베트남	Dickey-Fuller: 1.04/P VALUE: 0.99	(1차차분) Dickey-Fuller: -0.91/P VALUE: 0.31 (2차차분) Dickey-Fuller: -1.81/P VALUE: 0.0692 (시계열 불안정)

[표 6] 국가별 1인당 GNI의 시계열 정상성 검정(ADF test) 결과

국가명	원자료 검정결과	차분 후 검정결과
아제르바이잔	Dickey-Fuller: -0.79/P VALUE: 0.74	(1차) Dickey-Fuller: -1.73/P VALUE: 0.081 (2차) Dickey-Fuller: -5.34/P VALUE: 0.01
방글라데시	Dickey-Fuller: 2.12/P VALUE: 0.99	(1차) Dickey-Fuller: 0.78/P VALUE: 0.85 (2차) Dickey-Fuller: -3.95/P VALUE: 0.01
볼리비아	Dickey-Fuller: 1.62/P VALUE: 0.99	(1차) Dickey-Fuller: -0.66/P VALUE: 0.39 (2차) Dickey-Fuller: -4.54/P VALUE: 0.01
캄보디아	Dickey-Fuller: 0.73/P VALUE: 0.99	(1차) Dickey-Fuller: -0.43/P VALUE: 0.47 (2차) Dickey-Fuller: -3.43/P VALUE: 0.01
콜롬비아	Dickey-Fuller: 1.34/P VALUE: 0.99	(1차) Dickey-Fuller: -0.90/P VALUE: 0.32 (2차) Dickey-Fuller: -4.95/P VALUE: 0.01
가나	Dickey-Fuller: -0.44/P VALUE: 0.87	(1차) Dickey-Fuller: -0.63/P VALUE: 0.40
인도네시아	Dickey-Fuller: -0.08/P VALUE: 0.93	Dickey-Fuller: -1.99/P VALUE: 0.046
몽골	Dickey-Fuller: -0.67/P VALUE: 0.79	(1차) Dickey-Fuller: -1.33/P VALUE: 0.18 (시계열 불안정)
모잠비크	Dickey-Fuller: 1.75/P VALUE: 0.99	Dickey-Fuller: -3.25/P VALUE: 0.030
네팔	Dickey-Fuller: 1.33/P VALUE: 0.99	(1차) Dickey-Fuller: -0.11/P VALUE: 0.57 (2차) Dickey-Fuller: -3.71/P VALUE: 0.01
파키스탄	Dickey-Fuller: 0.77/P VALUE: 0.99	(1차) Dickey-Fuller: -0.94/P VALUE: 0.30 (2차) Dickey-Fuller: -4.41/P VALUE: 0.01
파라과이	Dickey-Fuller: 0.34/P VALUE: 0.97	Dickey-Fuller: -2.40/P VALUE: 0.019
페루	Dickey-Fuller: 0.74/P VALUE: 0.99	(1차) Dickey-Fuller: -1.47/P VALUE: 0.13 (2차) Dickey-Fuller: -4.56/P VALUE: 0.01
필리핀	Dickey-Fuller: 1.32/P VALUE: 0.99	(1차) Dickey-Fuller: -1.71/P VALUE: 0.08 (2차) Dickey-Fuller: -6.33/P VALUE: 0.01
르완다	Dickey-Fuller: 0.48/P VALUE: 0.98	Dickey-Fuller: -3.62/P VALUE: 0.01
세네갈	Dickey-Fuller: 0.17/P VALUE: 0.96	Dickey-Fuller: -3.14/P VALUE: 0.039
스리랑카	Dickey-Fuller: 2.04/P VALUE: 0.99	(1차) Dickey-Fuller: -0.57/P VALUE: 0.42 (2차) Dickey-Fuller: -5.00/P VALUE: 0.01
탄자니아	Dickey-Fuller: 1.66/P VALUE: 0.99	(1차) Dickey-Fuller: -0.314/P VALUE: 0.50 (2차) Dickey-Fuller: -5.48/P VALUE: 0.01
우간다	Dickey-Fuller: -0.30/P VALUE: 0.90	Dickey-Fuller: -3.04/P VALUE: 0.046
우즈베키스탄	Dickey-Fuller: 0.975/P VALUE: 0.99	(1차) Dickey-Fuller: -0.66/P VALUE: 0.39 (2차) Dickey-Fuller: -5.40/P VALUE: 0.01
베트남	Dickey-Fuller: 2.81/P VALUE: 0.99	(1차) Dickey-Fuller: 0.51/P VALUE: 0.77 (2차) Dickey-Fuller: -4.36/P VALUE: 0.01

[표 7] 국가별 평균교육기간의 시계열 정상성 검정(ADF test) 결과

국가명	원자료 검정결과	차분 후 검정결과
아제르바이잔	Dickey-Fuller: -0.72 P VALUE: 0.77	Dickey-Fuller: -2.00 P VALUE: 0.045
방글라데시	Dickey-Fuller: -2.03 P VALUE: 0.30	Dickey-Fuller: -3.65 P VALUE: 0.013
볼리비아	Dickey-Fuller: -1.59 P VALUE: 0.46	Dickey-Fuller: -2.32 P VALUE: 0.022
캄보디아	Dickey-Fuller: 1.09 P VALUE: 0.99	Dickey-Fuller: -2.31 P VALUE: 0.022
콜롬비아	Dickey-Fuller: -0.36 P VALUE: 0.90	Dickey-Fuller: -4.51 P VALUE: 0.01
에티오피아	Dickey-Fuller: -1.49 P VALUE: 0.50	Dickey-Fuller: -10.18 P VALUE: 0.01
가나	Dickey-Fuller: -3.80 P VALUE: 0.01	
인도네시아	Dickey-Fuller: -1.94 P VALUE: 0.34	(1차) Dickey-Fuller: -1.56 P VALUE: 0.11 (2차) Dickey-Fuller: -5.08 P VALUE: 0.01
라오스	Dickey-Fuller: 0.31 P VALUE: 0.97	Dickey-Fuller: -3.3366 P VALUE: 0.02477
몽골	Dickey-Fuller: -0.65 P VALUE: 0.79	(1차) Dickey-Fuller: -1.37 P VALUE: 0.17 (2차) Dickey-Fuller: -4.54 P VALUE: 0.01
모잠비크	Dickey-Fuller: -2.48 P VALUE: 0.15	Dickey-Fuller: -4.00 P VALUE: 0.02
미얀마	Dickey-Fuller: 0.90 P VALUE: 0.99	Dickey-Fuller: -4.56 P VALUE: 0.01
네팔	Dickey-Fuller: 2.22 P VALUE: 0.99	(1차) Dickey-Fuller: -0.99 P VALUE: 0.29 (2차) Dickey-Fuller: -4.26 P VALUE: 0.01
파키스탄	Dickey-Fuller: -0.86 P VALUE: 0.72	Dickey-Fuller: -3.37 P VALUE: 0.023
파라과이	Dickey-Fuller: -0.30 P VALUE: 0.90	Dickey-Fuller: -1.98 P VALUE: 0.047
페루	Dickey-Fuller: -1.45 P VALUE: 0.51	Dickey-Fuller: -2.22 P VALUE: 0.02
필리핀	Dickey-Fuller: -0.97 P VALUE: 0.68	(1차) Dickey-Fuller: -0.83 P VALUE: 0.34 (2차) Dickey-Fuller: -3.62 P VALUE: 0.01
르완다	Dickey-Fuller: 0.36 P VALUE: 0.97	(1차) Dickey-Fuller: -0.85 P VALUE: 0.33 (2차) Dickey-Fuller: -4.67 P VALUE: 0.01
세네갈	Dickey-Fuller: -0.53 P VALUE: 0.84	Dickey-Fuller: -3.32 P VALUE: 0.01
스리랑카	Dickey-Fuller: -1.93 P VALUE: 0.34	Dickey-Fuller: -3.05 P VALUE: 0.01
탄자니아	Dickey-Fuller: 1.21 P VALUE: 0.99	Dickey-Fuller: -3.93 P VALUE: 0.02602
우간다	Dickey-Fuller: -0.26 P VALUE: 0.91	Dickey-Fuller: -3.92 P VALUE: 0.01
우즈베키스탄	Dickey-Fuller: -0.33 P VALUE: 0.90	(1차) Dickey-Fuller: -0.84 P VALUE: 0.33 (2차) Dickey-Fuller: -3.59 P VALUE: 0.01
베트남	Dickey-Fuller: -0.19 P VALUE: 0.92	(1차) Dickey-Fuller: -0.83 P VALUE: 0.34 (2차) Dickey-Fuller: -7.25 P VALUE: 0.01

2) 모형의 선정

차분을 통해 안정화된 시계열 자료는 자기상관함수(ACF)와 편자기상관함수(PACF)를 통해 적정 모형이 식별된다. ACF는 대상 변수의 관측치 시기별 상관관계를 나타낸 것이고, PACF는 “비교 관측치 사이에 위치한 관측치의 영향력을 배제한 상태에서” 양 관측치 간 상관도를 계측한 값이다.

자기회귀모형(AR)은 분석 대상변수가 그것의 과거값들만으로 설명되는 모형이고, 이동평균 모형(MA)은 설명변수를 오차항의 시차변수로 대체시켜 나타낸 모형이다. AR 모형은 PACF 함수를 통해, MA 모형은 ACF 함수를 통해 식별이 가능하다. 모형의 식별 단계에서는 ACF와 PACF 도표를 통해, 표본의 자기상관계수와 편자기상관계수의 값 각각이 평균 0을 중심으로 임계치(표준오차($\frac{1}{\sqrt{n}}$)의 ± 1.96 배) 내에 위치하였는지 확인한다. 이 임계치 바깥에 위치한 스파이크의 개수를 통해 AR과 MA 모형 여부와 시차 여부를 확인한다.

경우에 따라 AR과 MA 모형을 동시에 이용한 모형이 선정되는데, 이를 ARMA 모형이라 한다. 불안정 시계열의 경우, 차분안정화 진행 후 AR과 MA 모형을 결합했다면, ARIMA 모형이다.

3) 모형의 추정

모형 식별을 통해 모형 후보군이 확정되면, 다수의 모형 후보군의 계수를 추정한다. 추정에는 일반적 선형회귀분석에 활용되는 최소자승법(Ordinary Least Squares, OLS)을 활용할 수 있으나, 이동평균(MA) 모형의 경우, 이를 통한 추정방식이 적절하지 않다. 따라서 일반적으로 뉴턴법(Newton-Raphson method)으로 알려진 반복연산법(iterative method)을 통해 추정한다.

모형 후보군 계수의 추정값이 모두 통계적으로 유의한 것으로 파악되면, 이 중 최적 모형을 선정한다. 추정결과 선정 시, 오차제곱합(Sum of Squares Error, SSE)이 최소가 되거나 우도(likelihood)가 최대가 되는 모형을 선정하는 것이 일반적이다. 하지만 이들은 변수가 추가될 때마다 함께 상승하는 정(+)의 관계를 가지므로 변수 추가에 대한 일종의 벌점(penalty)을 부여하여, 추가된 변수의 설명력이 벌점에 미치지 못하면 제외하는 것이 맞다. 시계열 분석에서는 이러한 개념을 반영한 AIC 정보기준(Akaike information criterion)의 최소값 기준을 준용한다. 추정식은 아래와 같다.

$$AIC = \log \hat{\sigma}_k^2 + \frac{n+2k}{n}$$

n : 자료의 개수
k : 모형 내 변수(parameter)의 개수

각 국가별 변수의 추정결과는 아래 [표 8~11]에 제시한다. Δ ARIMA에 의해 추정했으나, 추정 계수값이 유의하지 않거나, Δ 전술한 바와 같이 ADF 검정 과정에서 1차 차분에 의한 자료의 시계열 안정성이 확보되지 않아 동 모형에 의해 추정이 불가한 경우, “추정불가”로 구분하여 분석하지 않았다. 시계열 안정성 확보를 위한 2차 차분은, 고유정보 망실의 가능성으로 인하여 실행하지 않았다.

[표 8] 국가별 기대수명 모형 추정 결과

국가명	모형	국가명	모형
아제르바이잔	ARIMA (3,1,1)	미얀마	ARIMA (3,1,0)
방글라데시	ARIMA (3,1,2)	페루	ARIMA (3,1,0)
캄보디아	ARIMA (3,1,2)	필리핀	ARIMA (3,1,0)
콜롬비아	ARIMA (3,1,0)	르완다	ARIMA (3,1,2)
에티오피아	ARIMA (4,1,0)	스리랑카	ARIMA (3,1,1)
가나	ARIMA (3,1,1)	탄자니아	ARIMA (4,1,0)
몽골	ARIMA (4,1,0)	베트남	ARIMA (2,1,2)
모잠비크	ARIMA (2,1,2)		

[표 9] 국가별 1인당 GNI 모형 추정 결과

국가명	모형	국가명	모형
인도네시아	ARIMA (0,1,0)	세네갈	ARIMA (0,1,0)
모잠비크	ARIMA (0,1,0)	우간다	ARIMA (0,1,0)

[표 10] 국가별 기대교육기간 모형 추정 결과

국가명	모형	국가명	모형
방글라데시	ARIMA (0,1,0)	미얀마	ARIMA (0,1,0)
볼리비아	ARIMA (0,1,0)	네팔	ARIMA (0,1,0)
캄보디아	ARIMA (0,1,1)	파키스탄	ARIMA (1,1,0)
콜롬비아	ARIMA (0,1,0)	파라과이	ARIMA (0,1,0)
에티오피아	ARIMA (1,1,0)	페루	ARIMA (0,1,0)
가나	ARIMA (2,1,0)	르완다	ARIMA (0,1,0)
인도네시아	ARIMA (0,1,0)	스리랑카	ARIMA (1,1,0)
라오스	ARIMA (0,1,0)	탄자니아	ARIMA (2,1,2)
몽골	ARIMA (1,1,0)	우간다	ARIMA (1,1,0)

[표 11] 국가별 평균교육기간 모형 추정 결과

국가명	모형	국가명	모형
아제르바이잔	ARIMA(0,1,0)	미얀마	ARIMA (0,1,0)
방글라데시	ARIMA (0,1,0)	파키스탄	ARIMA (0,1,0)
볼리비아	ARIMA (1,1,0)	파라과이	ARIMA (0,1,0)
캄보디아	ARIMA (0,1,1)	페루	ARIMA (0,1,0)
콜롬비아	ARIMA (0,1,0)	세네갈	ARIMA (0,1,0)
에티오피아	ARIMA (0,1,0)	스리랑카	ARIMA (0,1,0)
가나	ARIMA (2,0,1)	탄자니아	ARIMA (0,1,0)
라오스	ARIMA (0,1,0)	우간다	ARIMA (0,1,0)
모잠비크	ARIMA (0,1,0)		

4) 모형의 진단

앞서의 방식을 통해 최상의 것을 선정하였더라도 추정된 모형이 적절하다고 볼 수 있는지 검토하는 과정이 필요하다. 이를 모형의 진단(diagnostic checking)이라 한다.

ARIMA 모형을 통한 정확한 예측을 위해서는 추정에서 발생한 잔차항(residual)이 백색소음 형태를 보이는 지 한 번 더 검토해야 한다. 특정 변동이 추정과정에서 고려되지 못한 채 잔차항에 남아 있다면 모형을 통한 예측이 적절하지 못할 것이며, 개선의 여지가 있을 것이다.

잔차항의 백색소음 여부 확인을 위한 대표적 검정으로는 잔차항의 ACF 도표 확인과 Portmanteau 검정 중 Ljung-Box의 Q 검정이 있다. 본 연구에서는 표준화 잔차(standardized residuals)의 도표, 잔차의 ACF 도표, QQ plot, Ljung-Box statistic의 시차별 p-value 확인을 통해 잔차의 백색검정 여부를 확인한다. 시각적인 확인이 어려울 경우 Box-Pierce Q 통계량 값을 함께 제시하여, 잔차의 정규성을 입증했다. 결과적으로 제시된 모형구조의 추정 후 잔차항은 백색소음이라는 귀무가설을 채택하는 것으로 확인되었다.

IV. ARIMA 모형을 이용한 실증분석

4.1 예측

예측은 사건발생 여부(event outcome), 사건발생 시기(event timing), 시계열 예측(time series forecast)으로 구분할 수 있는데, ARIMA 모형은 전술한 바와 같이 시계열 예측을 목표로 하고 있으며, 단기 예측의 정확도가 비교적 높은 것으로 알려져 있다⁸⁾.

본 연구에서는 앞서 추정된 결과를 바탕으로 25개 중점협력국 4개 변수들에 대하여 예측을 실시하였다. 전술한 [3.2-3] 모형의 추정]에서 “추정불가”로 진단된 일부 변수들은 불가피하게 예측하지 못했으며, 전년도 수치를 그대로 활용하여 최종 HDI 값을 예측하였다.

앞서 추정된 모형들의 예측력을 알아보기 위해서는 사전적 예측력 확인과 사후적 예측력 확인 절차가 남아 있다.

사전적 예측력 확인은 모형의 예측력에 대한 이론적인 점수를 도출하는 것이다. 대체로 AIC, BIC 정보기준을 활용한다. 우리는 앞서 모형추정에서 이 정보기준을 활용하였고, 이를 통해 다수의 후보 모형 중 적정 모형 선별을 위해 활용한 바 있다.

사후적 예측력 확인은 이미 갖고 있는 자료의 시기 중 일부를 절삭(truncate)하여 ARIMA모형으로 예측한 후, 실제 데이터와 비교하여 평균제곱근편차(Root Mean Squared Error, RMSE)를 확인하는 것이다. 하지만 본 연구에서는 각 변수의 시계열 데이터 숫자의 절대적 부족으로 사후적 예측력 확인의 신뢰성 문제와 아울러 24개 중점 협력국 각 4개 변수, 총 96개에 달하는 모형의 RMSE를 계산하는 것은 효율적이지도 않다고 판단하였다. 또한, HDR 보고서에는 매년 새로운 보고서 발간 시점에 과거 HDI 수치를 변경하는데, 이는 보고서 발간 이후 자료에 대한 재검증을 거치는 과정에서 발생하는 교정으로 파악된다. 따라서 본 연구에서는 이러한 현실적인 문제로 통상적인 사후적 예측력 확인 절차는 거치지 않는다.

24개국의 HDI 예측값은 [표12]와 같다.

[표 12] 중점 협력 24개국 향후 3개년 HDI 추정결과

구분	국가명	예측값			2015년 HDI
		2016	2017	2018	
1	아제르바이잔	0.7609	0.7635	0.7669	0.759
2	방글라데시	0.5823	0.5860	0.5895	0.579
3	볼리비아	0.6756	0.6770	0.6784	0.674
4	캄보디아	0.5689	0.5734	0.5768	0.563
5	콜롬비아	0.7320	0.7366	0.7417	0.727
6	에티오피아	0.4544	0.4605	0.4669	0.448
7	가나	0.5798	0.5818	0.5841	0.579
8	인도네시아	0.6914	0.6940	0.6966	0.689
9	라오스	0.5925	0.5992	0.6059	0.586
10	몽골	0.7377	0.7397	0.7412	0.735
11	모잠비크	0.4234	0.4295	0.4361	0.418
12	미얀마	0.5621	0.5696	0.5776	0.556
13	네팔	0.5610	0.5636	0.5661	0.558
14	파키스탄	0.5544	0.5577	0.5608	0.550
15	파라과이	0.6947	0.6970	0.6993	0.693
16	페루	0.7435	0.7476	0.7520	0.740
17	필리핀	0.6810	0.6803	0.6791	0.682
18	르완다	0.5043	0.5112	0.5160	0.498
19	세네갈	0.4958	0.4966	0.4974	0.494
20	스리랑카	0.7719	0.7780	0.7849	0.766
21	탄자니아	0.5324	0.5343	0.5366	0.531
22	우간다	0.4972	0.5006	0.5037	0.493
23	우즈베키스탄	0.7005	0.7005	0.7005	0.701
24	베트남	0.6863	0.6909	0.6965	0.683

8) 이종원, 전계서, p.772.

4.2 시사점

HDI는 그 산식 구성상 교육과 관련된 세부 지표의 수치가 상승했을 때, 수치 상승 동인이 큰 것으로 파악된다. 다른 세부 지표의 수치가 전년도와 동일하게 유지될 것으로 가정했을 때, 기대수명, 기대교육기간, 평균교육기간이 각각 1년, 1인당 GNI가 \$100 상승할 경우를 시뮬레이션해보면 평균교육기간, 기대교육기간, 기대수명, 1인당 GNI의 순으로 HDI 상승폭이 크다. 하지만, 평균교육기간은 이미 교육을 마치고 경제활동인구에 진입한 25세 이상 인구로, 단기 간의 수치 상승이 불가하다. 이를 감안하면 기대수명 1세 증가, 기대교육기간 1년 증가, 1인당 GNI \$100 증가를 위해 들여야 하는 품이 동일할 때, 특정국의 HDI 상승을 위해서는 기대교육기간 상승을 위해 주력하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

상기 <표 12>의 중점협력 24개국을 보더라도, 향후 3년 동안 HDI의 두드러진 상승이 예견되는 국가는 평균교육기간, 기대교육기간의 가시적인 상승 예측을 동인으로 합이 확인되었다. 결국 중장기적 관점에서, 기대교육기간의 상승이 평균교육기간의 상승으로 귀결될 것임을 고려한다면, 중점협력국 24개국의 HDI 상승을 위해서는 교육 분야의 질적·양적 발전을 위해 선택과 집중할 것이 요망된다.

V. 종합결론

우리나라의 공적개발원조(Official Development Assistance, ODA)는 1987년 EDCF 설립, 1991년 KOICA 설립 이후 지속적으로 증가해왔으며, 2010년 OECD/DAC에 가입한 이후, 국제개발협력 기본법을 제정하여 연간 ODA 규모를 증대해 왔다. 하지만, 지속적으로 제기되는 ODA 원조효과성 문제는 국민의 낮은 지지도와 연계되었다. 최근 국무조정실에서 발표한 <2016년도 ODA 국민 인식 조사 결과 보고서>에 따르면, 우리 정부의 ODA에 대한 반대 응답이 20%로 상승했다. 국민의 낮은 인식과 지지는 2010년 이후 줄곧 강조된 정책일관성을 위협하는 가장 큰 요인이 된다. 이에 따른 예산 삭감은 다시금 원조효과성 문제와 연결되어 ODA에 대한 낮은 지지로 악순환(vicious cycle) 될 것이다.

개발도상국의 빈곤 문제 해결을 위해서 종합적이며 장기적인 전략이 필요함은 분명하다. 이는 원조 효과성 문제를 단기적 처방으로는 해결할 수 없음을 직시하고, 한정된 우리 ODA 사업 예산의 효과적 활용을 위해서 체계적 전략 속에 타 원조 공여국과의 협력이 필수적임을 의미한다. 하지만 이와 함께, 우리 원조의 소기의 성과를 제시함으로써 국민의 지지를 이끌어 내는

선순환 구조에 대한 모색 노력도 간과할 수 없다.

본 연구는 KOICA의 기관 경영평가 대표 사업 성과지표인 HDI를 분석하였다. 우리 중점 24개국의 향후 3개년(2016, 2017, 2018) HDI를 추정하기 위해 구성요소가 되는 각각의 지표(기대수명, 기대교육기간, 평균교육기간, 1인당 GNI)의 시계열 자료를 활용하였으며, 그 기간은 자료의 성격에 따라 차이가 있으나, 최장 1960년에서 2015년까지이다. 향후 HDI 예측을 위해 ARIMA 모형을 이용하였고, 자료 안정성 검정을 위해 ADF 단위근 검정을 실시하였다. 기대교육기간은 결측치 문제로 보삽법으로 결측기간을 채우는 방식을 활용하여 HDI를 예측하였다.

분석결과, 르완다, 에티오피아, 미얀마, 라오스, 캄보디아 5개국의 전년 대비 HDI 증가폭이 타 19개국보다 높았으며, 필리핀, 우즈베키스탄, 가나, 볼리비아, 파라과이 5개국의 전년 대비 HDI 증가폭이 가장 낮았다.

시계열 분석은 분석 대상 변수의 과거 관측치 정보만을 이용하여 현재를 설명하고, 미래를 예측하기 때문에 단기적으로는 예측력이 뛰어나다는 장점이 있는 반면, 평균으로의 회귀(mean-reverting) 현상으로 중장기적 예측은 정확하지 않다는 한계가 있다. 또한, 과거 정보를 이용하여 패턴 분석을 하는 시계열 분석의 특성상 향후 발생 가능한 외생적 충격에 대한 고려는 이루어지지 않았다. 개발도상국은 내전, 테러, 전염병, 자연재해 등에 취약하여 외생적 충격에 의한 HDI 하락 요인이 엄존하기 때문에, 이러한 외생적 충격(Exogenous shock)을 무시할 수 없다. 이에 따라 본 연구는 향후 3개년 HDI 예측에 국한하였다. 이는 외생적 충격이 없을 때의 향후 HDI 증가폭에 대한 기본값(baseline)을 마련하였다는 측면에서 의의가 있다.

본 연구의 또 다른 한계는 데이터 양의 한계로 일부 구성 지표에 대한 분석을 진행하지 못한 것이다. 이는 시계열의 정상성(stationary)을 선결 조건으로 삼는 시계열 분석의 한계점에 기인한 것으로, 추후 다른 예측 방법론을 통해 극복할 것을 과제로 삼는다.

본 연구는 우리 24개 중점협력국의 HDI를 예측하였다. 우리 대외원조의 장기적 전략 수립을 위한 필수 기초 자료로의 활용 가능성이 크다고 기대한다. 하지만, 본 연구가 우리 대외원조의 장기 전략 수립을 위한 절대적 고려 요소가 될 수는 없다. ODA는 근본적으로 개발도상국의 경제·사회 발전을 위한 인도주의적 관점과 함께, 우리 외교를 통한 국익 증진의 가능성을 종합적으로 고려하여야 할 것인 바, HDI 상승이 예측되는 국가에 사업을 집중하는 것, HDI 하락이 예측되는 국가에 사업을 축소하는 것 모두 지양해야 할 것임에 분명하다. 또한, 프로젝트 사업은 수원국의 요청(needs)에 기반하여 해당국의 환경 여건 등을 종합적으로 고려해야 하는 것이 우선시된다. HDI 상승에 직접적으로 기여하는 교육 사업으로 한정해서도 안되며, HDI와

무관한 사업이라는 것이 사업 선정에 중대 고려 요소가 될 수도 없다.

본 연구는 원조성과를 기관 경영실적과 연계, 정기적으로 평가하는 현 시스템에서 낮은 경영 성과가 기관의 전문성에 대한 의심으로 직결되어 원조 분절화를 심화시킬 수 있다는 우려에서 시작되었다. 당장 HDI를 대체하는 대안의 사업성과 지표가 없는 현상황은 이러한 우려를 심화시킨다. 이를 예방하기 위한 하나의 방책으로써 본 지표에 대한 연구는 필요 불가결할 것이다. 이는 경영학에서 밝히는 “전략적 성과관리”의 측면도 간과할 수 없음에 따른 것이다.

참고문헌

▶ 국내 문헌

이종원, 〈경제경영통계학〉, p.672

▶ 국외 문헌

Barro and Lee, 〈A new data set of educational attainment in the world, 1950–2010〉, Journal of Development Economics, 2014.

Barry B. Hughes, 〈Forecasting the human development index〉, Graduate school of International Studies University of Denver, February, 2004.

Barry B. Hughes, 〈Forecasting long-term global change : introduction to international futures(IFs)〉, University of Denver, December, 2009.

Barry B. Hughes, 〈Choices in the face of uncertainty : the international futures(IFs) model〉, University of Denver, 2000.

Box and Jenkins, 〈Time series analysis – forecasting and control〉, 1976.

UNDP, 〈Human Development Report 2016–Human development index and its components〉, p.208

D.A. Dickey and W.A. Fuller, 〈Distribution of the estimators for Autoregressive Time Series with a Unit root〉, Journal of the American Statistical Association, vol.74, pp. 427–443, 1979.

R. Solow, “A contribution to the Theory of Economic Growth”, The Quarterly Journal of Economics, February 1956, pp.65~94.

『개발과 이슈』는 국제개발협력분야의 주요 현안에 대한 분석과 최근 연구 및 정책을 소개하여 국내외 국제개발협력에 대한 인식을 제고하고 관련 정책 수립과 사업 추진에 방향을 제시하기 위해 발간되는 비정기간행물입니다. 본 연구 보고서의 내용은 출처와 집필자 명시 하에 인용이 가능합니다. 본 연구의 내용은 한국국제협력단의 공식적인 견해와 일치하지 않을 수도 있습니다.

※ 본 자료는 KOICA ODA전자도서관(lib.koica.go.kr)을 통해서도 볼 수 있습니다.