

## Original Article

<https://doi.org/10.12985/ksaa.2022.30.4.065>  
ISSN 1225-9705(print) ISSN 2466-1791(online)

## 시스템 다이내믹스를 이용한 남북한 항공수요 예측에 관한 연구

최지현\*, 원동욱\*\*, 김규왕\*\*\*

## A Study on Forecasting of Inter-Korea Air Passenger Demand Using System Dynamics

JiHun Choi\*, Donguk Won\*\*, KyuWang Kim\*\*\*

### ABSTRACT

This study aims to forecast of Air Passenger Demand between South Korea and North Korea using the system dynamics analysis methodology that is based on the system thinking. System dynamics is not only a tool that makes the systematic thought to a model but also a computer program-based analysis methodology that mathematically models the system varying according to time variation. This study analyzed the causal relationship based on the interrelation among variables and structured them by considering various variables that affect aviation cooperation from the perspective of Air passenger demand forecasting. In addition, based on the causal relationship between variables, this study also completed the causal loop diagram that forms a feedback loop, constructed the stock-flow diagram of Inter-Korean model using Vensim program. In this study, Air passenger demand was using by the simulation variable value into System Dynamics. This study was difficult to reflect the various variables constituting the North Korea environment, and there is a limit to the occurrence of events in North Korea.

**Key Words** : South Korea and North Korea(남북한), System Dynamic(시스템 다이내믹스), Casual Loop Diagram(인과지도), Stock Flow Diagram(저량·유량 흐름도), Aviation Cooperation(항공협력)

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경

남북한 항공협력은 남북한 교류협력을 지속적으로 발전시킬 수 있는 국가 정책사업으로 활용가능하다. 본

연구는 남북한 항공협력을 남북한 교류협력의 중심효과로 접근해서 남북한 항공협력을 통해 단절된 남북한 관계를 회복시킬 수 있는 활용 가능성을 판단해보기 위한 것이다. 남북한의 관계는 정치적 이해관계가 일치하거나, 대내외 환경이 우호적으로 조성될 때 가시적으로 발전할 수 있었다. 이 중 남북한 경제협력은 남북한 교류협력의 대표적 국가정책으로 추진되었다. 남북한 경제협력의 대표 사업은 개성공단, 금강산관광, 도로 및 철도연결 사업이다. 남북한 경제협력은 화해 분위기 조성 및 해외투자 및 민간투자를 유치하여 지속적인 남북한 교류협력을 견인할 수 있었다.

그러나 한반도 군사적 대치와 정치적 대립은 남북한 교류협력에 부정적인 영향을 미친다. 북한은 핵 개발,

Received: 26. Aug. 2022, Revised: 17. Oct. 2022,  
Accepted: 25. Nov. 2022

\* 한서대학교 일반대학원 항공운항관리학과 박사과정, 진에어 기장

\*\* 서울시립대학교 공학박사, 라산ENG 대표

\*\*\* 한서대학교 항공운항학과 교수

연락처 E-mail : kimchi1230@hanseo.ac.kr

연락처 주소 : 충남 태안군 남면 신온리 산105번지 한서대학교 태안비행장 216호

미사일 실험을 동반한 벼랑끝 전술을 구사하여 한반도의 긴장을 고조시켰으며 국제적 고립을 자초하였다. 남북한 긴장 완화와 통일실현을 위해서는 이러한 문제를 타개하고 남북한 교류협력을 지속적으로 이끌 수 있는 효과적인 국가 전략이 필요한 시점이다.

이러한 맥락에서 본 연구는 남북한 발전을 견인하는 남북한 항공협력의 관점에서 다음 4가지에 주안점을 두었다. 첫째, 남북한을 둘러싼 주요 요인을 변수로 설정하여 시스템 다이내믹스 복합시스템을 설계하였다. 둘째, 남북한 주요 변수를 반영한 남북한 항공협력수요 예측모델을 개발하였다. 셋째, 시스템 다이내믹스 모델을 이용하여 정책실험을 실시하였다. 넷째, 남북한 항공협력을 통해 지속가능한 남북관계 발전을 위한 그 시사점과 정책적 함의를 제시하였다.

## 1.2 연구의 방법

본 연구에서는 시스템 다이내믹스 분석방법론을 적용하였다. 본 연구자는 남북협력에 미치는 정치, 군사, 사회, 경제 등에 관한 자료를 수집하여 남북한 항공협력에 관한 속성을 도출하였다. 남북한 항공협력에 관한 속성은 인과지도 작성과 모델링의 기준으로 활용되었다. 시스템 다이내믹스 분석방법론을 기반으로 통일부 남북한 통계 자료, 국가통계자료 데이터를 연구모델에 적용하였다. 남북항공협력 모델은 기존 연구에서 도출된 속성을 최대로 활용하여 복합시스템으로 구성하여 인과지도로 나타냈다. 인과지도를 기반으로 남북한 내·외부요인, 남북협력실적, 정치관계에 따른 모델을 개발하였다. 본 연구에서는 시스템 다이내믹스 분석방법론을 구현하는 소프트웨어인 Vensim(Version DSS 8.2.1) 프로그램을 이용하여 분석을 수행하였다. 시스템 다이내믹스의 지수함수 모델 패턴을 기반으로 모델을 설계하였다.

본 연구에서는 시스템 다이내믹스 분석방법론에서 적용하는 분석과정을 토대로 남북한 항공협력수요예측을 위한 인과지도 작성, 저장유량도 개발과정을 거쳤다.

## II. 이론적 고찰

### 2.1 교류협력

Park(2020)은 남북한 교류협력에 관한 이론적 고찰을 다음과 같이 정리하였다. 사전적 의미로 교류(交流, exchange)는 문화와 사상 등이 서로 통하거나 다양한

분야에서 만들어진 문화나 사상 등의 성과와 경험 등을 나라·지역·사람 간에 주고받는 것을 의미한다(NIKI). 학문적인 의미에서 교류는 통합의 가장 기초적인 단계로, 행위자 간의 접촉 시도와 유지 확대를 포함한 비정치적 상호작용 관계를 말한다. 협력(協力, cooperation)은 힘을 합해 서로 돕는다는 의미로, 협력을 뜻하는 영어 단어인 cooperation의 경우 동일한 목적을 위한 공동의 행위나 과정(the action or process of working together to the same end)으로 표현된다(Lee, 2002). 이러한 교류와 협력의 의미를 종합할 때, 분단국 사이의 교류협력은 상호 간 공통의 목적을 달성하기 위한 행위의 교환 또는 공동의 노력을 통해 긍정적인 효과를 창출하는 행위로 정의한다.

남북 간에도 1990년 교류와 협력을 위한 제도인 「남북 교류 협력에 관한 법률」이 제정되었고 남북교류 협력에 관한 법적 제도적 틀을 갖추게 되었다.

남북 교류협력의 일차적인 핵심은 공동의 이익 가능 영역을 창출하는 데 있다. 공동이익 가능 영역이란 분단국의 양 당사자 모두가 민족 공영을 위해 큰 문제 없이 합의할 수 있고, 이를 통해 상호 이익을 발생시킬 수 있는 영역을 찾아내는 것이다. 또한 궁극적으로 미래의 통일에 대비하는 남북 공동체 토대를 마련한다는 것에 역사적 의의가 있다(Kim, 2006).

### 2.2 선행연구 검토

시스템 다이내믹스를 이용한 항공분야 연구는 여러 가지 다양한 주제로 접근하여 작성한 논문들이 있다. 이 중 항공운송수요예측에 관한 논문들이 주를 이루고 있다. 항공수요예측 분야는 회귀분석, 시스템 다이내믹스 등 여러 분석방법론을 활용해 주로 경제 관련 변수가 고려되고 있는데, Kim(2019)은 GDP와 국고채 금리, KOSPI 등의 경제 변수와 항공여객 수요간의 관계를 분석한 바 있다.

Erma(2010)는 항공운송수요와 공항수용성과의 관계를 시스템 다이내믹스 모델을 적용하였다. 이 연구는 항공료, 항공서비스, 인구변화, 활주로 수용성으로 구분하여 인과지도를 작성하였으며, 인구변화를 조절변수로 활용하였다. 시스템 다이내믹스를 통해 긍정적 상황과 부정적 상황을 예측하여 시나리오 결과 값을 도출한 연구로 본 연구에 활용할 수 있는 시스템 다이내믹스 모델을 제공한다.

이판우와 문태훈(2019)은 시스템 다이내믹스를 이용한 관광도시의 지속가능한 발전모델에 관해 연구하

였다. 이 연구는 정치, 경제, 사회, 환경 문제와 관광도시의 상호 인과 관계를 검토하였다. 이 연구는 정책 적용을 중심으로 시나리오를 작성하고 시뮬레이션하였다. 상호 인과관계에 있는 변수를 활용하여 시뮬레이션 정책 설계를 통해 핵심적인 정책 비교와 분석을 실시하였다. 각종 변수의 파라미터들을 변경시키는 정책실험을 통해 정책대안들을 제시하는 연구로서의 가치가 있었다.

정태원과 전전우(2021)는 시스템 다이내믹스를 이용한 북한의 항공수요량을 예측하였다. 이 연구에서 인과관계는 북한의 사회 경제적 요인과 항공의 주요 수송 상품인 곡물을 변수로 적용하였다. 2020년 이후의 수요예측을 위해 유사환경의 베트남 사례를 적용하였다. 인과지도를 보면, 각각의 변수는 곡물 변수로 밀집하는 한 방향으로 설계되어 있다. 이를 볼 때, 이 연구는 변수들의 피드백을 반영하지 못하고 있어 남북한 교류의 복잡한 현상을 적절히 반영하지 못하고 있는 한계를 보인다.

홍순길, 양한모, 이영혁과 허희영(1997)은 남북한 민간항공협력 연구를 최초로 수행했으며, 남북한간 항공운송산업의 교류가 시작되지 않은 시점에서 미래기간에 대한 항공수요를 정확히 전망하기는 불가능하다고 말했다. 따라서 홍순길은 본 연구에서는 시나리오 분석 방법을 이용하여 미래의 남북교류가 전개될 상황과 시기를 설명하고 사례별로 두 지역 간 운송수요를 분석하였다. 이러한 견해는 지금의 시점에서 연구에 적용할 방법론으로 이견이 없으며, 정교한 시나리오 분석결과를 도출하는 것이 중요하다.

### III. 시스템 다이내믹스를 이용한 시뮬레이션 분석

#### 3.1 인과지도 작성

##### 3.1.1 변수의 선정

홍순길(1997)등은 일반적으로 항공운송수요에 영향을 미치는 요인으로 크게 인구, 경제성장률 등의 사회경제적 요인, 정부 정책, 운임 등의 비용요인, 공항이용가능성, 정시성 및 서비스 수준, 경쟁조건 그리고 운송주체의 마케팅 활동 등으로 나누어 볼 수 있다고 하였다. 이 연구는 항공운송수요에 영향을 미치는 요인과 문헌연구에서 선별한 주요 요인을 기반으로 인구, 경제(GDP), 남북한 교류인원, 남북한 교역량을 변수로 선

정하였다.

본 연구에서는 남북한 항공협력에 따른 항공수요 변화를 예측하기 위한 것으로 항공수요 변화에 가장 중요한 경제(GDP), 인구 변수와 함께 남북한의 교류인원, 남북한 교역량을 변수로 선정하였다. 또한, 시나리오 분석을 수행하기 위해 정책변수로서 외부 환경요인과 북한 지도자의 의지를 변수로 고려하였다.

##### 3.1.2 인과지도

본 연구의 모델은 남북한 내부요인, 외부요인과 북한의 특수성 등 각 부문간의 상호 관계가 서로에게 미치는 영향을 분석할 수 있도록 설계하였다. 인과지도(causal loop diagram)는 다양한 변수들로 구성된 시스템 내에서 상호 원인과 결과로 연결된 관계도를 의미한다.

인과지도에서 R(+)은 경제성장-항공투자-경제요인-항공수요로 이어지는 강화루프(reinforcing loop)를 의미하며, B(-)는 경제성장-체제저항-체제단속-항공수요로 이어지는 균형루프(balancing loop)를 나타내고 있다(Fig. 1).

#### 3.2 저장·유량 흐름도

인과지도를 바탕으로 저장·유량 흐름도를 설계하였다. 남북항공협력 발전이라는 목적을 실현하기 위하여 하위 시스템의 조화로운 발전이 필요하다. Fig. 2는 본 연구의 통합모델로써 남북한 항공수요예측 모델이다. 저장·유량 흐름도(stock flow diagram)는 남북한 경제, 인구, 교역량, 교류인원 등 4개 변수에 대해 저장변수(stock variable)로 시스템을 구성하였다. 이들 변수에 대해서는 시스템 다이내믹스에서 주로 적용되는 지수 함수 모델 패턴을 적용하였다(Table 1).

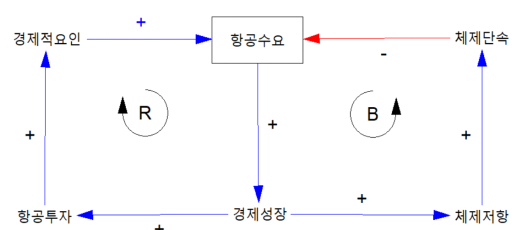


Fig. 1. Casual loop diagram

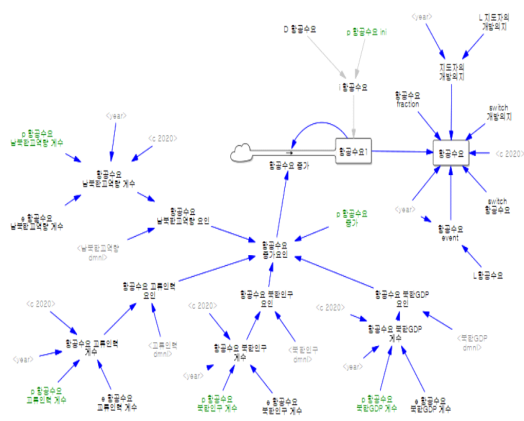


Fig. 2. DPRK air demand forecast model

Table 1. Exponential function model

|                            |  |
|----------------------------|--|
| 지<br>수<br>함<br>수<br>모<br>델 |  |
|                            | $Y = \text{INTEG}(Y \text{ increase}, i Y)$<br>$i Y = D \cdot Y^p \cdot Y \text{ ini adj}$<br>$Y \text{ increase} = X^p \cdot X \text{ rate}$<br>※ INTEG는 유량변수에 대한 적분 의미 |
|                            | 본 연구 적용 변수: GDP, 인구, 남북한교류인원, 남북한교역량   |
|                            |  |

보조변수(auxillary variable)는 유량변수(flow variable)에 영향을 미치는 변수들과 남북한 관계의 EVENT를 LOOK UP 함수로 적용하여 모델을 설계하였다.

LOOK UP 함수 적용을 위해 항공협력과 관련된 사건들을 조사하였다. LOOK UP 함수는 정형화되지 않은 데이터를 처리하는 방법으로서 정성적 변수를 모델에 적용하는 경우에 주로 활용되고 있다. 또한 시나리오 분석을 위해 LOOK UP 함수를 활용하기도 한다. 본 연구에서는 남북한 협력과 관련된 다양한 사건들에 대해 그 변화수준을 고려해 LOOK UP 함수 기능을 활용해 모델에 적용하였다.

남북한 항공협력과 관련된 주요 사건은 남북정상회담, 남북한 교류협력 사업, 직항로 사용이며 남북한 교류협력 실적으로 이어진다. 남북정상회담은 2000, 2007,

2018년에 실시되었으며, 남북한 관계 개선과 협력을 도모하는 주요 사건이다. 남북한 정치적 합의에 따른 협력사업의 실천은 경제협력 전반에 나타난 결과로 1998년 시작된 금강산 관광사업과 2002년 추진된 개성공단 사업이 대표적이다. 개성공단 사업은 2004년 개발을 시작으로 2005년 사업이 본격화되었다. 남북한 직항로는 남북정상회담과 남북한 문화 교류시 2000년, 2002년, 2014년, 2015년, 2018년에 사용되었다.

남북정상회담과 경제협력, 문화 교류는 남북한 관계 발전에 긍정적 영향을 주었던 요인으로 남북한 교류협력 실적과 비교시기가 유사하게 나타난다. 남북한 관계의 부정적 영향을 미친 사건은 2008년 7월 11일 금강산 민간인 사살사건과 2010년 3월 26일 천안함 격침 사건, 2016년 북한의 4차 핵실험이다. 해당사건 시기를 통계지표에서 보면 남북한 관계의 단절을 가져오는 시기와 일치한다. 금강산 관광사업은 2008년 민간인 사살사건을 계기로 사업이 중단되었으며 2010년 천안함 사건은 이명박 정부의 5.24 조치로 남북한 관계를 악화시키는 결과를 초래하였다. 또한 북한의 체제유지 전략은 국제사회의 제재를 야기하였다. 특히 2016년 북한의 제4차 핵실험은 UN제재 2270으로 남북한의 항공협력 가능성을 불식시키는 결과를 가져왔다.

### 3.2.1 경제모델

경제발전은 국가의 GDP 성장에서 나타난다. 본 연구에서는 남북한 내부요인에서 경제 속성을 GDP로 선정하여 Fig. 3에 제시한 경제모델을 개발하였다. 경제시스템에서 국가의 GDP 증가에 따라 고정자산투자가 증가한다. 물론 남북관계의 화해·협력 분위기를 전제로 한다. 고정자산투자의 증가는 관광산업이나 상업 및 지원정책에 대한 투입을 증가시키고, 남북한 교류협력에 긍정적 경제효과로 남북관계를 개선할 수 있는 요

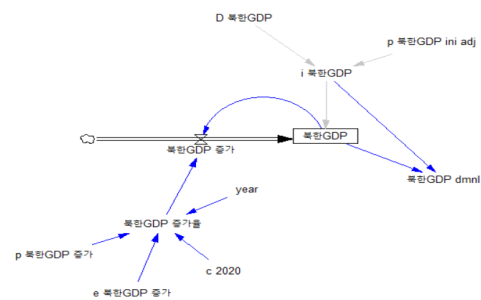


Fig. 3. DPRK GDP model

인이다. 이것은 금강산 관광, 개성공단 등 투자기업의 증가로 이어지며 남북한 교류협력 재정수입 증가로 이어질 것이다. 최근 2020년 북한의 경제는 4.5% 감소하였다. 이는 COVID19에 의한 전 세계적 경제침체와 남북한의 관계악화의 결과로 볼 수 있다. 한국은행은 2021년 북한의 GDP성장률은 -1%로 발표했으며 일반적인 성장추세는 2022년에는 2%, 2023년에는 1.3%로 예측하였다.<sup>1)</sup>

Fig. 3 DPRK GDP model의 수식은 Table 2와 같다. 이 연구에 적용된 모든 모델의 수식은 Table 2와 같은 유형이다. 또한 모든 모델에 적용된 시간의 변화  $\Delta t$ 의 단위는 1년으로 적용하였다. p는 현재값 상수, e는 미래값 상수로 적용이며 e는 조절변수로 정책 시나리오에 따른 증가분을 적용하여 시뮬레이션에 활용하였다.

### 3.2.2 인구모델

일반적으로 인구의 성장은 항공수요를 야기한다. Fig. 4에 제시한 인구모델은 총인구수를 저장변수로 지정하고 북한인구통계를 보조변수에 적용한다.

북한인구의 증가는 북한의 경제·사회적 요인으로 항공수요 증가에 영향을 미친다. 이에 따라 국가의 경

제발전을 도모할 수 있으며 남북협력 여건이 개선되어 분위기가 호전되는 양(+)의 영향을 준다.

인구모델 기본값은 2020년을 기준으로 적용하였다. 이 모델에서는 북한 인구수를 저장변수에, 북한 인구통계를 보조변수에 적용하였다.

### 3.2.3 남북한 교역량 모델

Fig. 5에 제시한 남북한 교역량 모델은 2000년부터 2020년의 남북한 교역량을 기본값으로 적용하였다. 남북한 교역량은 경제협력, 관광인구, 기업투자 등의 결과로 남북한 교류협력 정책 이행의 결과를 정량으로 반영할 수 있는 변수이다. 동시에 남북 교류협력의 발전은 북한의 경제성장을 가져오지만 북한의 체제유지에도 영향을 미친다. 경제성장은 북한의 체제유지를 위협하는 부정적 영향을 미치게 된다. 북한은 체제보호를 위해 체제단속을 강화하여 경제성장의 부정적 영향을 미친다. 이러한 특성은 시나리오 시뮬레이션에서 북한체제의 특수성을 지도자 의지로 적용하여 반영하였다.

남북한 교역량을 보면 개성공단 사업수행과 연관이 있다. 개성공단은 2000년에 개성공단 실무협회가 시작되고, 2003년 6월에 개성공단을 착공하여 2004년에 준공하였으며, 2005년부터 개성공단 내에 기업의 입주가 시작되었다. 이명박 정부가 출범한 2008년에 남북간 인적 교류가 18만 명에 육박하였고 이후 계속 꾸준한 교류 협력이 이어졌으나 2016년 2월 10일 박근혜 정부의 대북 제재 이행 발표로 인해 개성공단 운영이 전면 중단되었다. 이러한 시스템을 반영하기 위해 남북한 교역량 모델은 개성공단 교역량을 LOOK UP 함수로 적용하여 조절하였다.

Table 2. DPRK GDP Equation

|                                   |
|-----------------------------------|
| 북한GDP=INTEG(북한GDP 증가분, i 북한GDP)   |
| i 북한GDP=D 북한GDP * p 북한GDP ini adj |
| 북한GDP 증가=북한GDP 증가율 * p 북한GDP 증가   |

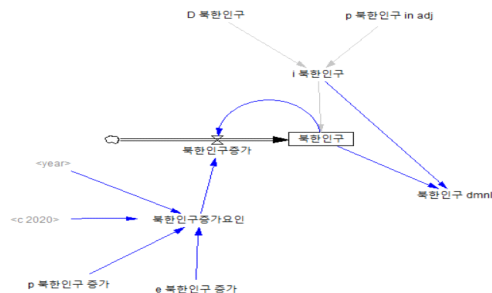


Fig. 4. DPRK population model

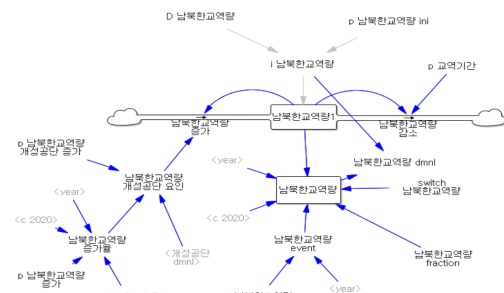


Fig. 5. DPRK exchange trade model

1) 한국은행(Bank of Korea)이 발표한 2020년 북한 경제성장률 추정 결과 보도자료(2021.7)와 <https://tradingeconomics.com/north-korea/gdp-annual-growth-rate>, Trading Economics global macro models and analysts expectations의 내용임, 검색일(2022. 5. 25.).

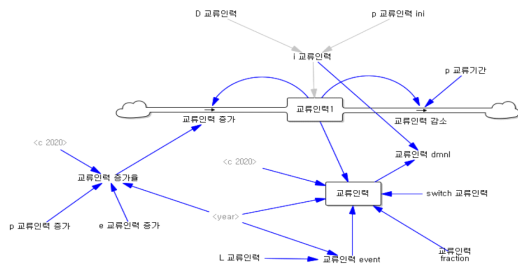


Fig. 6. DPRK exchange population model

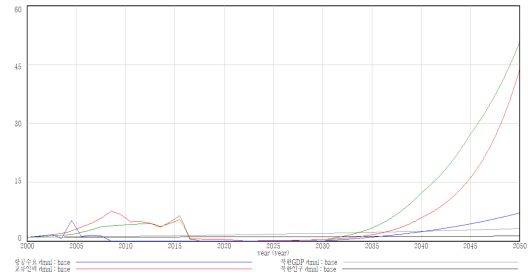


Fig 7. Base run result

### 3.2.4 남북한 교류인원 모델

Fig. 6에 제시한 남북한 교류인원 모델은 2000년부터 2020년의 남북한 교류인원 과거값을 기본값으로 적용하였다. 남북교류협력은 관광사업과 밀접한 연관을 갖는다. 대표적인 관광사업은 금강산관광사업이다. 실제 남북한의 교류인원은 개성공단과 금강산관광객의 규모의 비중이 높다. 관광산업 발전은 관광인구 증가와 관광수입을 증가시킨다. 금강산 관광인구 수는 인구의 증가와 감소의 영향을 받으며 북한 정책의 변화에 따라 관광인구 수 증가에 영향을 미치기도 한다. 이러한 인과관계에 따라 본 연구에서는 남북한 교류인원 모델에 금강산 관광인구 수를 LOOK UP 함수로 활용하였다.<sup>2)</sup>

## 3.3 Base Run

Base Run은 현재 상태가 유지될 때 나타나는 변수의 형태를 표현한 시뮬레이션 결과를 의미한다. 본 연구의 Base Run 결과값은 Fig. 7의 그래프로 도출되며 Table 3은 2000년부터 2020년까지 각 변수의 과거 데이터를 적용한 결과이다. 이 모델은 LOOK UP 함수를 이용하여 남북한 내부 정치적 상황과 경제적 추이를 반영하여 미래 예측의 신뢰성을 높였다.

## 3.4 모델의 타당성 평가

Figs. 8~12는 본 연구에서 개발한 모델에서의 시뮬레이션 값과 실제 데이터 값을 비교한 결과를 보여주고 있다. 이러한 결과는 모델의 설명력과도 연결되는데, 모델의 타당성 평가를 위해 모델의 설명력을 나타내는 RSQ(R-SQURE) 값을 산출하였다. 이 값이 높을

Table 3. Base run data

| Year | 북한 GDP (십억원) | 북한 인구 (천명) | 교류인원 (천명) | 남북한 교역량 (천달러) | 항공 수요 (명) |
|------|--------------|------------|-----------|---------------|-----------|
| 2000 | 21,293       | 22,929     | 23,958    | 425,148       | 4,095     |
| 2001 | 21,797       | 23,059     | 29,260    | 479,036       | 5,103     |
| 2002 | 22,313       | 23,190     | 35,735    | 539,871       | 6,183     |
| 2003 | 22,840       | 23,322     | 43,643    | 608,564       | 4,817     |
| 2004 | 23,381       | 23,455     | 53,302    | 686,145       | 12,148    |
| 2005 | 23,934       | 23,588     | 73,775    | 838,241       | 13,617    |
| 2006 | 24,500       | 23,722     | 97,390    | 1,091,020     | 5,659     |
| 2007 | 25,079       | 23,857     | 123,798   | 1,395,180     | 5,882     |
| 2008 | 25,672       | 23,993     | 160,086   | 1,611,850     | 2,892     |
| 2009 | 26,280       | 24,129     | 173,814   | 1,694,270     | 228       |
| 2010 | 26,901       | 24,266     | 141,531   | 1,771,640     | 232       |
| 2011 | 27,538       | 24,404     | 118,821   | 1,841,280     | 235       |
| 2012 | 28,189       | 24,543     | 115,440   | 1,899,460     | 239       |
| 2013 | 28,856       | 24,682     | 100,712   | 1,737,620     | 242       |
| 2014 | 29,538       | 24,823     | 98,379    | 1,789,300     | 245       |
| 2015 | 30,237       | 24,964     | 120,150   | 2,413,190     | 248       |
| 2016 | 30,952       | 25,106     | 79,326    | 1,623,610     | 251       |
| 2017 | 31,684       | 25,248     | 13,101    | 183,332       | 253       |
| 2018 | 32,433       | 25,392     | 12,975    | 37,552        | 256       |
| 2019 | 33,201       | 25,536     | 12,153    | 42,248        | 258       |
| 2020 | 33,986       | 25,681     | 10,332    | 26,182        | 260       |

\* 상기 자료는 분석모델에 의해 산출된 값(추정치)임.

2) 이영혁(2009)은 금강산관광 기간은 1998년부터 2008년까지이므로 신뢰할 수 있는 회귀식을 추정하기 어렵다고 했으며, 따라서 1989년부터 존재하는 연도별 남북한간 전체 교류인원 데이터를 이용하여 전체 교류인원을 회귀분석을 통해 추정 한 후, 이 가운데 항공이 차지하는 비율을 적용하여 남북한 간 항공수요를 도출하였다.



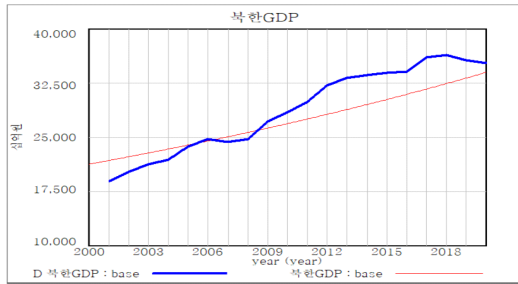


Fig. 8. GDP data comparison

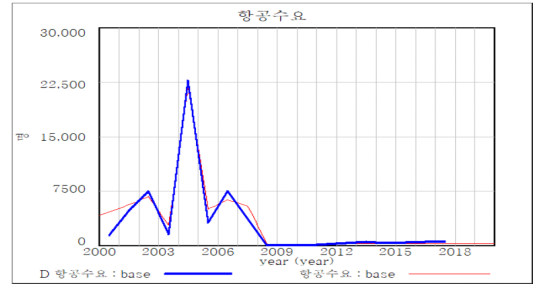


Fig. 12. Air passenger demand forecast comparison

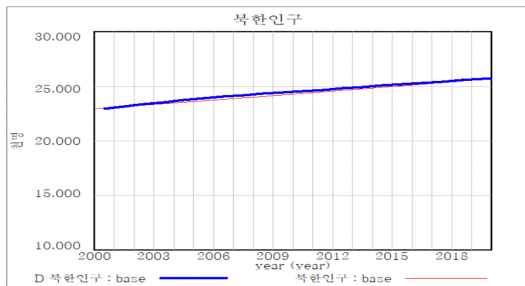


Fig. 9. Population data comparison

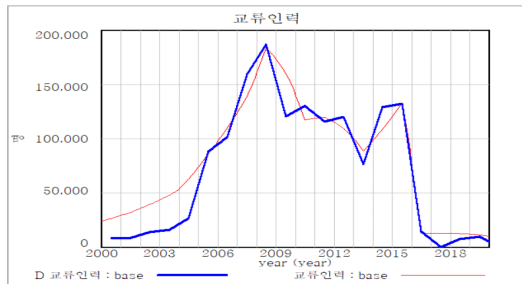


Fig. 10. Exchange people data comparison

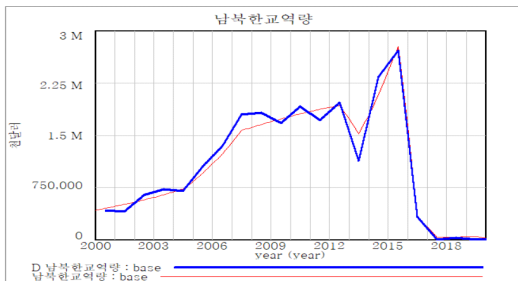


Fig. 11. Exchange trade comparison

Table 4. RSQ(R-SQURE) result

| 변수명       | 북한 GDP | 북한 인구 | 교류 인력 | 남북한 교류량 | 항공 수요 |
|-----------|--------|-------|-------|---------|-------|
| 설명력 (RSQ) | 91.5%  | 98.9% | 97.7% | 97%     | 95.8% |

수록 모델의 정확도가 높다는 것을 나타낸다. Table 4의 값이 각 모델의 설명력을 보여주고 있으며, 모두 90% 이상으로 높은 것으로 나타나 모델의 타당성을 확보하였다.

### 3.5 정책분석

남북한 항공수요 모델을 이용하여 정책분석을 실시하였다. 정책분석 시나리오는 Table 5에 제시한 것처럼 6가지로 구분하였다. 정책분석은 변수의 상수를 변화하거나 모델의 구조를 변경하여 내생변수나 목적변수의 동태적 변화를 분석하고 최적의 대안을 찾는 과정이다. 본 연구에서는 경제, 사회, 남북교류의 변화 관점에서 비교·분석될 수 있다. 정책분석은 모델에 적용한 각각의 변수와 북한 지도자의 의지를 조정하여 적용하였다. 북한 지도자의 의지는 내부요인 체제단속, 외부요인 남북관계, 북미관계, 다자관계를 포괄하는 주요변수이다. 특히 모델에서 도출된 북한의 항공수요에 대하여 북한 지도자의 의지를 반영함으로써 개방의지에 따른 결과 값의 변화를 예측하였다. 이 정책분석은 2030년을 북한의 적극적 개방의지를 반영한 미래시점으로 설정하였으며 2030년 기준에 대한 의미보다 북한의 개방의지가 적용됨에 따라 남북한 항공협력의 결과를 예측하는 데 의미가 있다. 정책분석은 단일변수 시뮬레이션을 적용하여 각각의 모델에 예측값을 반영한다. 현재의 상황은 남북한 교류협력이 단절에 가까운

Table 5. Policy design

| 시나리오명 | 요인      | 시뮬레이션 정책      |
|-------|---------|---------------|
| S1    | 경제      | GDP 10%       |
|       | 사회      | 인구 10%        |
|       | 교류인원    | 교류인원 10%      |
|       | 교역량     | 교역량 10%       |
|       | 항공수요    | FRACTION 10%  |
| S2    | 경제      | GDP 20%       |
|       | 사회      | 인구 20%        |
|       | 교류인원    | 교류인원 20%      |
|       | 교역량     | 교역량 20%       |
| S3    | 항공수요    | FRACTION 20%  |
|       | 경제      | GDP 30%       |
|       | 사회      | 인구 30%        |
|       | 교류인원    | 교류인원 30%      |
|       | 교역량     | 교역량 30%       |
| S4    | 항공수요    | FRACTION 30%  |
|       | 경제      | GDP 50%       |
|       | 사회      | 인구 50%        |
|       | 교류인원    | 교류인원 50%      |
| S5    | 교역량     | 교역량 50%       |
|       | 항공수요    | FRACTION 50%  |
|       | 정치 + S1 | 지도자 의지 SWITCH |
| S6    | 정치 + S4 | 지도자 의지 SWITCH |

교착상태로 볼 수 있다. 따라서 이 분석에서 남북한 교류인원과 교역량, 항공수요는 남북한 관계가 호전될 경우를 대비하였으며 그 시점을 2030년을 기준으로 설정하여 분석하였다.

### 3.6 시뮬레이션 결과분석

#### 3.6.1 단일시뮬레이션 분석

Figs. 13~17은 각 모델에 10%, 20% 30% 50% 증가치를 부여한 단일 시뮬레이션 결과이다. 첫째, 북한 GDP는 2050년까지 60%~102%, 북한 인구는 12%~19% 범위 내에서 성장할 것으로 예측되었다.

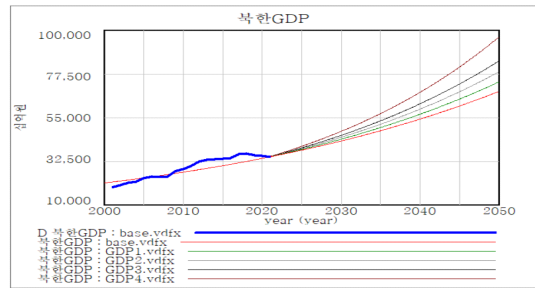


Fig. 13. DPRK GDP simulation

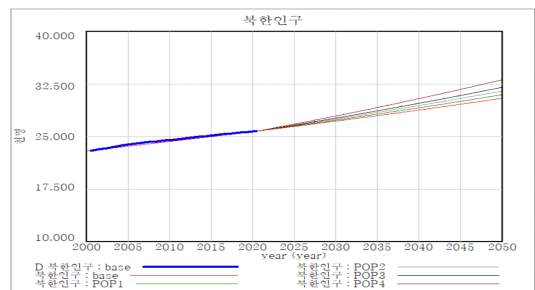


Fig. 14. DPRK population simulation

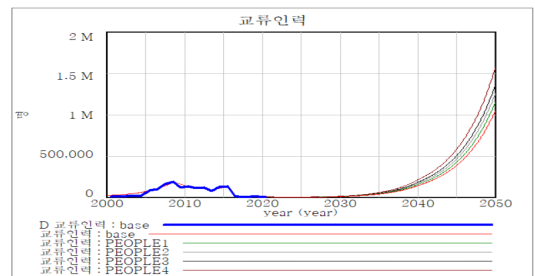


Fig. 15. DPRK exchange people simulation

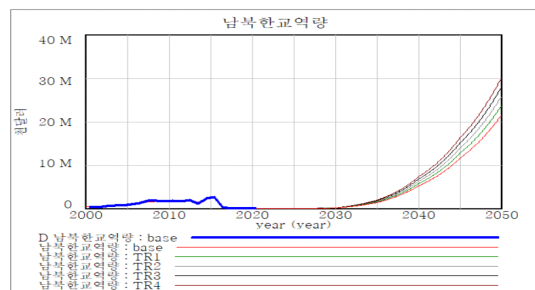


Fig. 16. DPRK exchange trade simulation



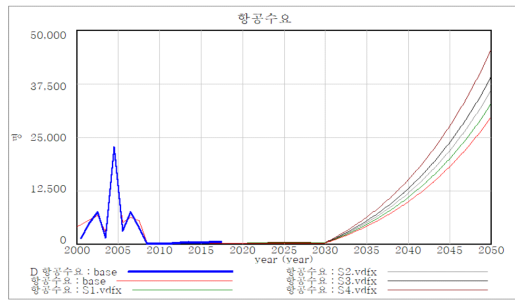


Fig. 17. Air passenger demand forecast 1

Table 6. DPRK exchange people simulation  
(단위: 명)

| Year | BASE      | 시나리오      |           |           |           |
|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|      |           | S1        | S2        | S3        | S4        |
| 2030 | 9,641     | 10,605    | 11,569    | 12,533    | 14,461    |
| 2035 | 39,290    | 43,219    | 47,148    | 51,077    | 58,935    |
| 2040 | 142,343   | 156,578   | 170,812   | 185,046   | 213,515   |
| 2045 | 386,797   | 425,477   | 464,157   | 502,837   | 580,196   |
| 2050 | 1,050,980 | 1,156,080 | 1,261,180 | 1,366,280 | 1,576,470 |

Table 7. DPRK exchange trade simulation  
(단위: 천 달러)

| Year | BASE       | 시나리오       |            |            |            |
|------|------------|------------|------------|------------|------------|
|      |            | S1         | S2         | S3         | S4         |
| 2030 | 156,290    | 171,919    | 187,548    | 203,177    | 218,806    |
| 2035 | 1,426,400  | 1,569,040  | 1,711,670  | 1,854,310  | 1,996,950  |
| 2040 | 5,245,620  | 5,770,180  | 6,294,740  | 6,819,300  | 7,343,860  |
| 2045 | 11,622,000 | 12,784,200 | 13,946,400 | 15,108,600 | 16,270,800 |
| 2050 | 21,558,200 | 23,714,000 | 25,869,800 | 28,025,600 | 30,181,400 |

둘째, 남북한 교류인원과 교류량은 2030년 기준시점으로 2050년까지 큰 폭으로 성장할 것으로 예측되었다. 이 모델에서 나타나듯이 남북한 교류는 남북관계의 회복과 관련이 있음을 알 수 있다. Table 6은 남북한 교류인원 단일 시뮬레이션 결과이며 Table 7은 남북한 교류량 단일시뮬레이션 결과이다.

### 3.6.2 항공수요모델 결합 시뮬레이션

결합시뮬레이션 S1, S2, S3, S4는 각각의 모델에 10%, 20% 30% 50%를 적용한 시뮬레이션 결과이며, Fig. 17의 그래프로 제시하였다. S5, S6는 S1, S4 결과에 대한 정책변수 북한 지도자 의지를 적용한 시뮬레이션 결과로 Fig. 18과 같이 나타났다. Table 8은 결합 시뮬레이션의 결과로 각각의 정책에 따른 결과를 보여준다. 시뮬레이션 결과에서 보듯 북한 지도자 의지 반영시 결과 값의 변동이 크게 나타난다.

남북한 항공수요 모델의 시뮬레이션 결과를 세부적으로 보면, 남북한 교역량과 교류인원은 남북한 관계 호전에 따라 변동폭이 크게 증가하나 남북한 항공수요에는 직접적으로 영향을 미친다고는 볼 수 없었다. 그 이유는 북한의 항공산업은 발전 이전의 단계로 남북한 교역량과 교류인원을 항공산업과 연계성을 찾기는 모호하기 때문이다. 이러한 결과는 이 모델이 남북한의 항공교류협력 현실태를 잘 반영하고 있다고 할 수 있다.

지금까지 북한은 항공산업은 발전이 없었던 것이 사실이다. 이런 사유로 발전단계에서 남북한 항공협력에

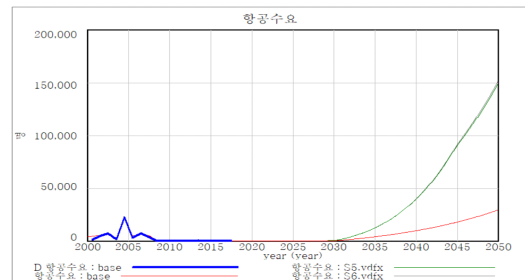


Fig. 18. Air passenger demand forecast 2

Table 8. Air passenger demand forecast simulation  
(단위: 명)

| Year | 기본값      | 시나리오     |          |          |          |          |          |
|------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|      |          | S1       | S2       | S3       | S4       | S5       | S6       |
| 2021 | 261.023  | 287.13   | 313.237  | 339.345  | 391.562  | 261.027  | 261.041  |
| 2025 | 264.131  | 290.613  | 317.102  | 343.598  | 396.613  | 264.193  | 264.408  |
| 2030 | 260.219  | 286.432  | 312.669  | 338.931  | 391.525  | 537.304  | 538.592  |
| 2035 | 4,206.34 | 4,632.9  | 5,060.3  | 5,488.54 | 6,347.46 | 12,634.1 | 12,693.8 |
| 2040 | 9,928.79 | 10,944.5 | 11,963.6 | 12,986.2 | 15,041.5 | 39,794.9 | 40,107.3 |
| 2045 | 18,101.6 | 19,973.4 | 21,855   | 23,746.3 | 27,557.7 | 90,781.7 | 91,852.4 |
| 2050 | 29,636.4 | 32,740.5 | 35,867.6 | 39,017.7 | 45,386.9 | 148,820  | 151,290  |

대한 연구가 더 필요한 것이며 제시된 모델의 활용도가 높을 수 밖에 없다. 남북한의 항공협력은 항공산업 발전 강도의 영향을 받는다. 따라서 남북한 상황의 EVENT의 반영이 절대적이다. 이 연구는 EVENT로 일어난 일련의 역사적 사실을 반영하기 위해 LOOK UP 함수 기능을 활용한 장점을 갖는다.

#### IV. 결 론

이 연구는 남북한 항공협력의 가능성을 타진해 보는 실증 연구로서 남북한 사회경제요인에 관한 정량적 자료와 남북한 정치적 특성을 반영한 정성적 변수를 적용한 연구이다.

이 연구는 남북한 항공협력에 따른 항공수요 변화를 예측하기 위한 것으로, 인구나 경제(GDP), 남북한 교류인원, 남북한 교역량을 변수로 선정하였다. 또한, 이들 변수간 인과지도를 토대로 남북한 항공협력 수요에 예측모형을 개발하였다. 이 모형을 기반으로 각 변수의 변화에 따른 항공수요의 변화를 시나리오 분석을 통해 살펴보았다. 현재 공개된 남북한의 통계자료는 일부분에 불과하여 남북한의 복잡한 시스템을 반영하기는 어려운 점이 있었지만 본 연구의 결과와 선행연구, 남북한 항공협력의 사회경제적 통계자료를 비교해 본 결과 밀접한 관계가 있음을 밝혀낼 수 있었다.

하지만, 남북한을 중심으로 일어나고 있는 사회경제적 정량적 통계자료를 활용해 다양한 시나리오를 적용해 모형을 확장하기 위한 추가적인 연구가 필요하다. 또한, 연구의 한계는 북한에 미치는 정성적 변수를 세부적으로 구별하여 반영하지 못한 점과 정량적 변수로 대체하여 적용할 수 있는 데이터, 자료의 한계 남북한 항공협력을 중심으로 한 시스템의 복합성을 완벽히 반영하지 못한 점이다. 그럼에도 불구하고 본 연구는 남북한의 특수성을 반영할 수 있는 연구방법을 적용하였다는 점에서 그 의미가 있다.

#### References

1. Kim, K. S., "North-South Korea summit talks and 6.15 joint declaration", North Korean Studies Review, 10(2), 2006, pp.39-57.
2. Kim, J. H., and Kim, J. D., "Analysis on determinants of exchange and cooperation between South and North Korea after 6.15 South-North joint declaration: Comparative approaches by each administration of Kim Dae Joong, Roh Moo Hyeon and Lee Myeong Bak", The Northeast Asian Economic Association of Korea, 18(3), 2013.
3. Kim, M. H., "A study on awareness of North Korean tourism using big data", Korea MICE Tourism Society, 20(3), 2020. 9. pp.95-107.
4. Kim, Y. J., "A study of Mt. Kumgang program and to develop of tour to South, North Korea", North Korean Studies Review, 5(2), 2001. pp.171-200.
5. Kim, Y. J., "A study on the structure and characteristics of North Korean inbound tourism organization with focus on the reflection of economic structure change", North Korean Studies, 11(2), 2015, pp.33-78.
6. Chung, T. W., and Jeon, W. J., "System dynamics-based prediction of North Korean port volumes", Sungkyul University, Department of Global Logistics, Anyang, South Korea The Asian Journal of Shipping and Logistics, 37(4), 2021. 12, pp.337-344.
7. Choi, N. H., Oh, S. Y., Chung, M. J., and Hong, Y. K., "An analysis of the air transportation industry's crisis structure, and policy agenda in the pandemic situation of infectious diseases", Journal of Korean System Dynamics Association, 22(3), 2021, pp.35-59.
8. Kim, S. B., and Choi, J. H., "Inter-Korean air cooperation: Focusing on the proposal of new direct air routes on the East and West Seas", North Korean Studies Review, 25(1), 2021, pp.289-322.
9. Jung, D. Y., and Han, S. H., "A study on the development of policy model to enhance resilience for DMZ tourism system", Gyeonggi Research Institute, 2021. 8, pp.101-115.
10. Lee, C. W., "A study on the Inter-Korean exchange and cooperation process in exhibitions and conventions: Application of grounded theory", Doctor's Thesis, KyungHee University, Seoul, 2020.
11. Lee, S. J., and Kim, H. T., "A study on how

- to magnify sports exchange and cooperation with social and cultural exchange and cooperation between South and North Korea", The Korean Society of Sports Science, 2002, pp.267-280.
12. Lee, W. S., and Yoon, M. K., "A study on the prediction of demand for pilot manpower", Proceeding of the 2021 KAMS Fall Conference, 2009, pp.99-113.
  13. Lee, Y. H., "The characteristics and sustainability of the "economy-nuclear parallel policy" in Kim Jong-un Era", North Korean Studies Review, 19(1), 2015, pp.1-26.
  14. Lee, Y. H., Roo, M. Y., and Choi, S. H., "A study on forecasting air transport demand between South and North Korea", Journal of Korean Society of Transportation, 27(2), 2009, pp.83-91.
  15. Li, P. W., and Moon, T. H., "A study on sustainable development model of tourism city using system dynamics", Journal of Korean System Dynamics Association, 20(3), 2019. 9, pp.5-27.
  16. Noh, H. K., "The impact of awareness of unification tourism attributes on perception of unification", International Journal of Tourism Management and Sciences, 34(5), 2019. 12, pp.247-261.
  17. Park, C. W., "A study on the Inter-Korean exchange and cooperation process in exhibitions and conventions: Application of grounded theory", Doctor's Thesis, KyungHee University, Seoul, 2020.
  18. Park, J. S., "A study on air transport demand behavior using system dynamics", Doctor's Thesis, Korea Aerospace University, Goyang, Gyeonggi-do, 2013.
  19. Park, S. U., and Moon, T. H., "Effect of housing supply policy in the time of aging population on housing deterioration", Journal of Korean System Dynamics Association 20(1), 2019. 12, pp.5-27.
  20. Won, D. W., "Model development of traffic accident risk prediction for enterprises using system dynamics", Doctor's Thesis, The University of Seoul, Seoul, 2020.
  21. MOLIT, and KOTI, "A Study on the Forecasting Analysis of Air Demand", 2012. 12, pp.169-178.
  22. Kwak, S. M., "System Dynamics Modeling and Simulation", Book Korea, Gyeonggi-do, 2020.
  23. National Institute of Korean Language (NIKL), "Standard Korean dictionary", <https://stdict.korean.go.kr/search/searchView.do> (2020.3.20.)
  24. KOSTAT, "North Korea portal", <https://kosis.kr/bukhan/index.jsp>, 2022.10.15.
  25. Kim, S., and Shin, T. J., "A study on the relationship between economic change and air passenger demand: Focus on Incheon International Airport", Journal of the Korean Society for Aviation and Aeronautics, 27(4), 2019, pp.52-64.