

시스템다이내믹스를 활용한 평택·당진항 수입 승용차 물동량 예측에 관한 연구

이재구* · † 이기환

*한국해양대학교 대학원 박사수료, † 한국해양대학교 교수

Forecasting the Volume of Imported Passenger Cars at PyeongTaek·Dangjin Port Using System Dynamics

Jae-Gu Lee* · † Ki-Hwan Lee

*Ph.D. Completion, Department of Shipping Management, Graduate School of KMOU, Busan 49112, Republic of Korea

† Professor, Division of Shipping Management, Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Republic of Korea

요 약 : 평택·당진항은 국내에서 가장 많은 완성차 물동량을 처리하는 항만으로 특히 수입 자동차는 국내 전체 물동량의 95% 이상을 처리하고 있다. 그러나 2015년부터 수입 자동차 물동량 증가가 정체되고 있어, 항만 개발이나 자동차 관련 산업에 투자를 계획하고 있는 관계자들에게 새로운 물동량 추정이 필요한 시점이다. 한편, 자동차 물동량 예측 시 그동안 GDP(국내총생산) 등 경제와 관련된 변수가 많이 활용되었으나, 선행연구를 통해 선진국에서는 이러한 경제관련 변수가 자동차 물동량에 미치는 영향이 점점 감소하고 있는 것으로 확인되었다. 특히 우리나라와 같이 짧은 시간내에 경제성장을 달성하고 선진국으로 진입한 경우에는 경제변수에 대한 주의가 필요하다. 이에 본 연구에서는 우리나라가 직면하고 있는 인구감소를 주요 요인으로 하여 시스템다이내믹스를 통해 평택·당진항의 수입 승용차 물동량을 예측하고자 한다. 예측결과 평택·당진항의 수입승용차 물량은 '21년을 기점으로 조금씩 감소하는 것으로 분석되었다. 그리고 예측된 결과값의 정확도를 측정하기 위해 MAPE 검증을 실시하였고, 수입 승용차 점유율에 대한 시나리오 분석을 실시하였다.

핵심용어 : 평택·당진항, 수입 승용자동차, 수요예측, 시스템다이내믹스, 향후 한국 인구 전망

Abstract : Pyeongtaek-Dangjin port handles the largest volume of finished vehicles in Korea, including more than 95% of imported cars. However, since the volume of imported cars has been stagnant since 2015, officials planning to invest in port development or automobile-related industries must make new forecasts. Economic variables such as the GDP often have been used in predicting automobile volume, but prior research showed that the impact of these economic variables on automobile volume has been gradually decreasing in developed countries. These variables remain important predictors, however, in developing countries that experience rapid economic growth. In this study, predicting the volume of imported passenger cars at Pyeongtaek·Dangjin port, the decreasing Korean population was a major factor we considered. Our forecast showed that the volume of imported passenger cars at Pyeongtaek·Dangjin port will gradually decrease by 2021. The Mean Absolute Percentage Error (MAPE) verification was performed to measure the accuracy of the predicted results, and the scenario analysis was performed on the share of imported passenger cars.

Key words : imported passenger cars, forecasting, system dynamics, estimation of Korea's future population

1. 서 론

평택·당진항은 국내에서 가장 많은 완성차 물동량을 처리하는 항만 중에 하나로 자동차 전용 선석을 5개나 운영하고 있으며, PDI(Pre-Delivery Inspection, 출고 전 차량점검)센터 등 자동차 연관산업이 지역경제의 든든한 기반이 되고 있다. 특히 수입 자동차는 국내 전체 물동량의 95% 이상을 평택·당진항에서 처리할 정도로 수입 자동차 시장에서 중요한 역할을

담당하고 있다.

평택·당진항의 주요화물인 수입 자동차 시장을 살펴보면, '00년도에 신규등록 차량 중 수입 자동차 점유율이 0.7%이었으나, '15년에는 18.3%를 차지할 정도로 급속도로 성장하였으며, 이는 평택·당진항 물동량 증가에 많은 기여를 하였다.

그러나 '15년 이후 수입 자동차의 신규등록 성장률이 정체되었고, 자동차 수요에 영향을 미치는 경제 성장률과 인구 성장률이 둔화되면서, 미래의 수입 자동차 수요는 과거와는 다

† Corresponding author : khlee@kmou.ac.kr 051)410-4387

* jaegoo29@naver.com 031)935-3709

** 이 논문은 제1저자의 2020년도 박사학위 논문의 일부내용을 정리/보완하여 작성 됨

른 양상을 보일 것으로 예상된다.

이에 본 연구는 ·당진항의 수입 승용차 물동량을 예측하고자 한다. 일반적으로 물동량 예측 시 과거 데이터를 기반으로 미래를 예측하지만, 우리나라의 경우처럼 짧은 기간 내에 급속한 성장을 달성하고, 성장이 정체된 경우에는 과거 데이터만으로는 정확한 수요예측이 힘들 것으로 판단된다. 이러한 점을 참고하여 본 연구에서는 과거 데이터를 이용하되 현재 우리나라가 직면하고 있는 인구감소를 주요 요인으로 반영하여 물동량을 추정하고자 한다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 서론에 이어 2장에서는 본 연구의 주제인 평택·당진항의 수입 승용차 물동량 예측의 기초연구로써, 국내 및 평택·당진항의 현황을 분석한다. 그리고 3장에서는 자동차 수요예측 관련 선행연구를 살펴보고 본 연구의 차별성을 도출한다. 4장에서는 본 연구에서 수요예측의 주요 방법론인 시스템다이내믹스 설명과 모델수립의 과정을 살펴본다. 5장에서는 수립한 모델을 기반으로 시뮬레이션을 실시하여 평택·당진항의 수입 승용자동차 물동량을 예측하고, 기존 데이터와 비교와 비교하여 모델의 정확성을 검증한다. 또한, 시나리오 분석을 통해 예측 물동량의 변동추이를 살펴본다. 끝으로 6장에서는 연구결과와 시사점을 정리한다.

2. 현황 분석

본 장에서는 평택·당진항 수입 자동차 수요추정을 위한 기초연구로써 항만별 자동차 처리실적과 자동차 등록 대수 현황을 살펴보고자 한다.

Table 1은 최근 3개년 항만별 차량 및 그 부품 처리실적과 점유율을 나타내는 표이다. 전체적으로 물동량은 연평균 2.7% 증가하였으며, 가장 많은 물동량을 처리한 항만은 부산항이며, 그다음으로 평택·당진항, 울산항, 목포항 순이다. (19년 기준)

Table 1 Performance of handling vehicles and their parts (thousand ton)

구분	'17Y	'18Y	'19Y	average growth rate
Busan	21,015 20.4%	24,100 23.2%	24,678 22.7%	8.4%
Pyeong-taek	14,988 14.6%	15,489 14.9%	15,860 14.6%	2.9%
Ulsan	10,873 10.6%	12,112 11.7%	14,183 13.1%	14.2%
Mokpo	13,687 15.4%	12,934 14.5%	13,090 12.1%	-2.2%
total	102,808	103,926	108,513	2.7%

*Source : PORT-MIS

그러나 완성차물량을 기준으로 보면 평택·당진항이 가장 많은 물동량을 처리하였는데, 평택·당진항의 완성차 물동량이 많은 이유는 먼저 수출차의 경우 평택·당진항 인근에 기아차

동차, 현대자동차, 쌍용자동차 공장 등 국내 주요 자동차 제조사의 공장이 있어 평택·당진항이 수출 거점항으로 활용되고 있기 때문이다. 그리고 수입차의 경우 평택·당진항이 수입차의 95.3%를 처리하고 있는데, 이는 평택·당진항이 대단위 수요층이 밀집해 있는 수도권에 인접해 있을 뿐만 아니라, 인근 경쟁항만인 인천항과 비교하여 선박의 입출항이 자유롭고 남부지역과 내륙지역으로의 접근성이 좋기 때문으로 분석된다.(Table 2 참조, '18년의 경우 평택·당진항 수입 자동차의 신규 등록 대수를 초과(101%)한 것을 볼 수 있는데, 이는 평택·당진항으로 수입은 되었으나, 아직 판매가 안 되었거나, 인증 문제로 인해 등록이 안 되었기 때문이다.)

또한, 환적물동량의 경우 일반적으로 선사 입장에서 자주 기항하는 항만에서 환적을 하려는 경향이 있는데, 평택·당진항의 경우 수출입 물량 작업을 위해 선박이 기항해야 하므로 파생적으로 환적물동량도 많은 것으로 분석된다.

Table 2 Performance of newly registered passenger cars and imported cars, and imported cars at Pyeongtaek·Dangjin Port(per thousand units)

구분	'15Y	'16Y	'17Y	'18Y	'19Y	
total new registration(A)	1,543	1,544	1,539	1,537	1,509	
imported cars new registration	unit(B)	282	261	259	287	267
	share (B/A)	18.3%	16.9%	16.8%	18.7%	17.7%
Pyeong-taek imported cars	unit(C)	258	261	238	290	247
	share (C/B)	91.5%	99.8%	91.9%	101.0%	92.3%

*Source : total new registration, imported cars new registration(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Annual Vehicle Registration Status Report), Pyeong-taek imported cars(Pyeongtaek Regional Office of Oceans and Fisheries, Trends in automobile exports and imports)

수입 승용차 신규등록 추세를 살펴보면, '00년도에 5천 대 수준이었으나, '15년에 28만2천대를 처리할 정도로 급격히 증가한 것을 볼 수 있다.(Fig 1 참조).

그러나 '15년 이후부터는 성장률이 정체되고 있는 것을 볼 수 있는데, 이는 다음과 같은 영향을 받은 것으로 분석된다.

첫 번째는 수입차의 품질 관련 이슈로 '15년 하반기에 발생한 "V"사의 디젤 배기가스 조작 사건의 영향이 있다. 실제로 평택·당진항 "V"사의 물동량은 '15년 7.4만대 → '16년 3.4만대 → '17년 4백대 → '18년 3.0만대 → '19년 2.8만대로 '15년에 비해 큰 폭으로 감소하였으며, 여전히 회복을 못 하는 상태이다. 그리고 '19년에 발생한 "B"사의 연이은 차량 화재 영향으로 평택·당진항 "B"사의 수입 물동량은 '18년 7.2만대에서 '19년에는 4.0만대

로 약 44% 감소하였다.

두 번째는 그동안 수입 자동차 등록의 폭발적인 성장은 수입 자동차에 대한 소비자의 높은 기대와 이에 대한 기대를 발판으로 수입 자동차업체에서 일반 소비자들도 수입차를 쉽게 구매할 수 있도록 중저가 차량의 수입량을 늘려왔기 때문이다. 그러나 최근 국산차의 지속적인 품질개선과 프리미엄 모델의 등장으로 소비자의 인식이 변화하였고, 수입차의 A/S에 대한 불편 등으로 과거에 비해 수입차 등록률이 둔화한 것으로 판단된다. 이러한 점은 자동차 증가 추이가 S자형 성장(초기 완만한 증가 후 일정수준 이후 급격한 증가, 이후 증가율 둔화)을 보인다는 것과 유사하다고 볼 수 있다.



Fig. 1 Imported passenger car registration trend
*Source : Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Annual Vehicle Registration Status Report)

3. 선행연구 고찰

본 장에서는 자동차물동량 추정과 관련하여 그동안 수행되었던 선행연구를 살펴보고, 본 연구와의 차별점을 살펴보고자 한다.

먼저 자동차물동량 추정을 위해 사용되었던 변수를 살펴보면, 많은 연구에서 국내총생산(GDP, Gross Domestic Product)이나 개인처분가능소득(PDI, personal disposable income)과 같이 경제 관련 변수의 활용이 많은 것을 볼 수 있다.(Dargay and Dermot, 1999; Hwang·Park, 2000; Kim, 2009; Park et al., 2012; Korea Development Institute, 2014) 이는 기본적으로 자동차 수요는 경제발전에 따른 소비자의 구매력과 운송 수요의 증가, 자동차 운행이 가능한 교통 인프라 확충 등 경제 성장과 밀접한 관계를 맺고 있기 때문이라고 할 수 있다.

그러나 몇몇 연구에서는 선진국의 경우 자동차 수요에 있어서 GDP의 영향력이 줄어들고 있음을 지적하고 인구변수에 대해 주목하고 있다.(Karen and Peter, 2009; Metz 2010) 이는 선진국의 경우 도시화와 대체 교통수단의 개발, 기후변화 우려, 인구 성장의 정체 및 고령화로 신규수요가 예전 수준을 유지하지 못하기 때문으로 볼 수 있다.

이에 본 연구에서는 수입 자동차 물동량 수요예측의 주요

변수로써 인구변수에 집중하였다. 왜냐하면, 우리나라의 경우 짧은 기간 동안 빠른 경제 성장과 인구증가로 자동차 수요가 폭발적으로 증가하였으나, 최근에는 경제 성장이 성숙기에 접어들었고, 인구감소가 이미 진행되고 있으므로 기존에 활용되었던 경제변수로는 미래의 물동량 예측에 한계가 있다고 보았기 때문이다.

다음으로 물동량 예측을 위해 사용되었던 방법론을 살펴보면, Dargay and Dermot(1999)는 콤펜트 분포함수를 기반으로 차량보유 대수를 추정하였다. 그리고 Hwang·Park(2000)과 Park et al.(2012)은 자동차 증가 추이가 S자형 성장을 보인다는 특성을 반영하여 로지스틱 분포함수, 콤펜트 분포함수를 이용하여 승용차와 상용차 보유 대수를 추정하였다. 또한, 항만부문 사업의 예비타당성 표준지침 연구(2014)에서는 회귀분석을 기반으로 항만에서의 수출입 신차, 수출 중고차, 환적차량, 연안 차량을 예측하였다. Shin(2018)은 다항로지스모형을 기반으로 잠재적 구매자의 효용함수와 내연기관 자동차와의 경쟁 관계, 하이브리드 자동차와의 경쟁 관계의 변수를 이용하여 전기자동차 확산예측을 수행하였다.

위의 자동차물동량 예측을 수행했던 연구들을 살펴본 결과, 자동차 수요에 영향을 미치는 독립변수를 선정하고 선정된 독립변수마다 자동차 수요(종속변수)에 미치는 계수를 산출하여 추정하는 방식으로, 이는 독립변수 간의 영향을 고려하지 않는 한계가 있다. 물론 독립변수들 간의 상관관계가 없다면, 물동량 추정에 문제가 없을 수 있으나 현실적으로 자동차 수요에 영향을 미치는 여러 변수들은 서로 영향을 주고받는 경우가 많기 때문에 독립적인 변수를 선정하기에 많은 어려움이 있다.

이러한 한계점을 보완하고자 본 연구에서는 여러 변수들 간의 인과관계와 피드백을 고려하는 시스템다이내믹스를 이용하여 수입 승용차 물동량을 예측하고자 한다. 시스템다이내믹스를 활용하여 수입 자동차물동량을 추정한 연구는 Kim(2009)이 부정적 인식 등 정책변수와 GDP, 유가 등 환경변수, 신규수요, 대체수요 등 내부 변수를 이용하여 월별판매량, 총 등록 대수 등을 추정하였는데, 본 연구에서 주목한 인구변수를 고려하지는 않았다.

4. 연구 설계

본 장에서는 본 연구의 주요 방법론인 시스템다이내믹스에 대해 살펴보고, 수입 승용자동차 물동량 추정을 위한 연구절차에 대해 살펴보고자 하겠다.

4.1 시스템다이내믹스(System Dynamics)

시스템다이내믹스는 시스템적 사고(system thinking)를 모델화하는 도구로서, 1960년 MIT의 제이 포레스터(Jay W. Forrester)교수가 기본논리와 방법론을 개발하였다. 여기서 말하는 시스템적 사고는 일상의 문제에서 인과관계와 피드백이

어떻게 작동하는지를 이해하고 이를 통해 문제를 분석하고 분류하여 시간적, 공간적으로 어떤 변화가 발생하는지를 이해하는 것이라고 정의할 수 있다.(Haraldsson, 2004)

일반적으로 시스템다이내믹스의 연구절차는 문제의 정의에서부터 시작한다. 그리고 그 문제와 관련된 변수를 파악하고, 변수 간의 인과관계와 피드백이 어떻게 작동하는지를 이해하기 위해 정성적 분석으로써 인과지도(CLD, causal loop diagram)를 작성한다. 인과지도는 연구자가 문제와 관련된 변수를 추출하고 화살표를 이용하여 변수와 변수 간의 인과관계의 방향을 표시하며, 두 요인이 같은 방향으로 움직이면 양(+)의 부호, 서로 반대 방향으로 움직이면 음(-) 부호로 표시한다. 이때 하나의 폐쇄된 원을 형성할 때 피드백 루프(feedback loop)라고 하는데, 피드백 루프의 과정이 반복될수록 결과가 눈덩이처럼 확대되면 양의 피드백 루프, 특정한 값에 수렴하게 되면 음의 피드백 루프라고 한다.

인과지도를 작성한 이후에는 정량적 분석을 위해 시스템다이내믹스 모델개발이 가능한 소프트웨어를 이용하여 Stock and Flow(SFD)를 모델링한다. 참고로 시스템다이내믹스 모델개발이 가능한 소프트웨어로는 벤심(Vensim), 다이노(Dynamo), 스텔라(Stella), 파워심(Powersim) 등이 있다. Stock and Flow의 모델링을 위해서는 각 변수들을 저장변수와 유량변수를 구분하여 모델링하게 되는데, 저장변수는 행위의 결과로 저장되는 변수를 말하며, 유량변수는 유량변수와 저장변수의 값을 변화시키는 역할을 한다. 마지막으로 모델링이 완성된 Stock and Flow를 이용하여 시나리오 분석 등 시물레이션을 실시하여 목적변수에 대한 동적 추이를 분석하고 이에 대한 시사점을 도출한다.

시스템다이내믹스는 여러 분야에서 정책분석, 예측, 평가 방법론으로 활발하게 활용되고 있다. 이는 다른 산업과 밀접한 관계를 맺고 있는 항만·해운산업에서도 마찬가지이다. 이에 대해 Park(2010)은 해운산업의 시장구조를 시스템다이내믹스 기법으로 구축하면 해운, 일반경제, 조선, 기타산업 등을 하나의 연계된 모형에 구현시킬 수 있다고 주장하였다.

4.2 인과지도(Causal Loop Diagram)

평택·당진항의 수입 자동차물동량 추정에 앞서 국내 승용차 총등록대수에 대한 인과지도를 작성해보고 이를 기반으로 시스템다이내믹스의 모델링 방향을 모색하고자 한다.

국내 자동차 총등록대수는 신규등록으로 증가하며, 등록말소로 감소한다. 그리고 기존 차량의 대체수요와 같이 신규등록의 증가는 말소등록을 증가시키고 이는 결국 총 등록대수를 감소시키는 요인이 되기도 한다. 이러한 점을 고려해볼 때 국내총등록대수와 신규등록, 등록말소는 특정 값에 수렴하는 음의 피드백 구조를 형성하고 있는 것으로 볼 수 있다.(Fig 2 참조)

그리고 수렴하는 특정 값은 시간이 흐르는 동안 여러 요인에 의해 증가하거나 감소하는데, 본 연구에서는 인구변수를 이용한 포화수준(saturation point) 개념을 도입하여 수렴 값

을 도출하였다. 참고로 포화수준(saturation point)은 시간의 흐름에 따라 증가할 수 있는 최대 자동차 수를 의미한다.(Park et al., 2012)

한편 신규 등록 대수는 크게 국산차와 수입차로 나눌 수 있으며, 국산차와 수입차는 서로 대립하는 관계로 한쪽이 증가하면 다른 쪽이 감소하게 된다.

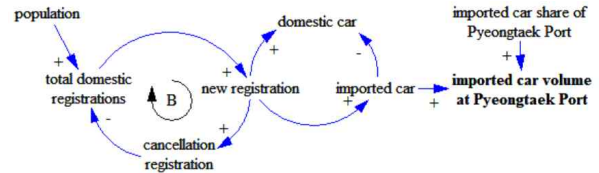


Fig. 2 Causal loop diagram for Import cars in Pyeongtaek-Dangjin port

이러한 특성을 종합하여 평택·당진항의 수입 자동차물동량 추정을 위한 시스템다이내믹스 모델링 방향은 총등록대수 추정 → 신규등록 대수 추정 → 수입차 물동량 추정 → 평택·당진항 수입차 물동량을 추정하는 단계로 진행한다.

4.3 연구절차

앞에서 살펴본 바와 같이 평택·당진항의 수입 승용차 물동량 추정은 3단계로 나누어 수행하였다.(Fig 3 참조)

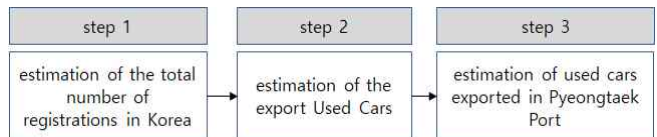


Fig. 3 Process of forecasting imported cars in Pyeongtaek-Dangjin port

먼저 1단계에서는 국내 총등록대수를 추정하였다. 항만물동량 수요는 총량적 접근방법(top-down)과 개별 항만별 접근방법(bottom-up)이 있는데, 총량적 접근방법은 전국의 총항만물동량을 품목별 특성에 따른 계량모형을 통해 추정하고, 이것을 체계적인 방법으로 항만별로 배분하는 것이며, 개별 항만별 접근방법은 특정 항만을 대상으로 해당 항만의 기능과 역할에 따른 배후세력권을 설정한 후 세력권 내에서 창출될 물동량 중에서 해당 항만에서 처리하게 될 물동량을 예측하는 방식이다.

본 연구에서는 총량적 접근방식과 유사하게 국내 총등록대수를 추정한 후 이를 기반으로 수입차와 평택·당진항 수입차를 추정하였다. 국내 총등록대수의 변동은 과거 총등록대수의 변화 추세를 이용하여 시스템다이내믹스의 캘리브레이션을 통해 구해지는 등록 대수 변화계수를 산출하여 미래의 신규등록 대수를 추정하였다. 참고로 국내총등록대수 변동률에 인구변수를 반영하지 않은 이유는 총 등록 대수의 증감률과 인구증감률 간에는 유의미한 상관관계가 없는 것으로 확인되었기

때문이다. 이에 본 연구에서는 인구변수를 아래의 수식과 같이 등록 대수의 수렴 값(이하 Max대수로 기재)으로 활용하였다.

$$Max\text{대수}_{(t)} = \text{인구}_{(t)} \times \text{인당최대보유대수}(0.62)$$

Max 대수의 산출방법을 좀 더 살펴보면 인당 최대보유대수는 자동차산업의 역사가 깊은 해외 주요 선진국의 최근 5개년 인당 최대 보유대수 중 최솟값의 평균으로 설정하였다(0.62대/인, Table 3 참조).

Table 3 Number of passenger cars owned per person in major developed countries(unit/person)

국가	'15Y	'16Y	'17Y	'18Y	'19Y	average	max	max average
Germany	0.55	0.56	0.56	0.57	-	0.56	0.57	0.62
USA	0.79	0.81	0.81	0.81	-	0.81	0.81	
UK	0.55	0.56	0.56	0.57	0.57	0.56	0.57	
Japan	0.63	0.64	0.64	0.64	-	0.64	0.64	
France	0.50	0.50	0.50	0.49	-	0.50	0.50	
Korea	0.32	0.34	0.35	0.36	0.37	0.35	0.37	

* Source : Germany(<https://ec.europa.eu>), USA(<http://www.fhwa.dot.gov>), UK(<http://www.dft.gov.uk>), Japan(<http://www.stat.go.jp>), France(<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr>), Korea(<http://kostat.go.kr>)

그리고 우리나라 장래 인구추정은 통계청에서 작성한 장래 인구추계를 이용하였다.(Fig 4 참조) 이 자료에 따르면 우리나라 인구는 '17년 5,136만 명에서, '28년 5,194만 명을 정점으로 감소하며, '67년에는 3,929만 명으로 감소할 것으로 전망하였다(Fig 3. 참조). 이는 우리나라의 Max대수가 점점 감소한다는 것을 의미한다.



Fig. 4 Korea's future population estimation

*Source : <http://kostat.go.kr>

2단계에서는 1단계에서 추정된 국내 총등록대수와 과거 테

이터를 통해 산출한 신규등록 대수 대비 수입차 점유율을 이용하여 국내 수입차를 추정하였다. 수입차 신규등록 점유율은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 '15년에 18.3%를 달성한 이후 정체기에 있는 것으로 볼 수 있는데, 본 연구에서는 20%를 최대 점유율로 설정하였다. 그리고 수입차 점유율의 변동추세는 과거 수입차 점유율의 변화 추세를 이용하여 시스템다이내믹스의 캘리브레이션을 통해 구해지는 수입차 신규등록확산계수를 산출하여 미래 수입차 신규등록 대수를 추정하였다.

3단계에서는 수입차 물동량 중에서 평택·당진항이 차지하는 점유율(95.3%, 최근 5개년 평균)을 이용하여 평택·당진항 수입 승용차 물동량을 추정하였다.

3.4 Stock-Flow 다이어그램

평택·당진항에서 처리하는 수입 자동차물동량을 예측하기 위한 Stock-Flow 다이어그램은 Fig.5와 같다.

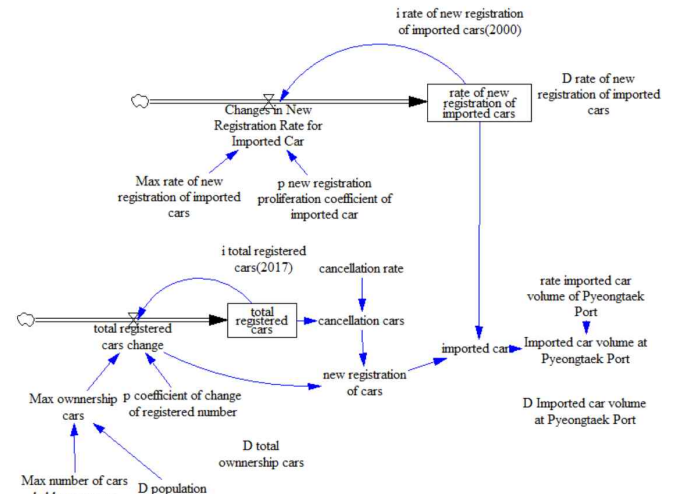


Fig. 5 Stock-flow diagram for forecasting of the imported cars in Pyeongtaek-Dangjin port

위 Stock-flow를 간단하게 살펴보면 총등록대수(total registered cars)는 총등록대수의 변화 변수(total registered cars change)의 누적값으로 결정되며, 총등록대수의 변화 변수(total registered cars change)는 캘리브레이션을 통해 구해지는 p coefficient of change of registered number에 의해 결정된다. 그리고 인구와 인당 최대보유대수 변수(max number of cars held per person)를 이용하여 총등록대수(Total registered cars)의 수렴 값으로 설정하였다. 이를 통해 산출된 국내 신규 등록자동차 대수(new registration of cars)와 수입자동차 등록 점유율(rate of registration of imported cars)을 이용하여 수입차 대수(imported cars)를 산출하였으며, 다시 여기에 평택·당진항 수입차 점유율(rate imported car volume at Pyeongtaek port)을 반영하였다.

위의 stock-flow를 기반으로 '00년부터 '50년까지 시물레이션 수행하였다. 그리고 예측모델의 정확도 검증을 위해 '15년부터 '19년까지 연도별 실제 데이터를 예측 데이터와 비교하였다.

5. 모델 결과 및 시나리오 분석

5.1 시물레이션 결과

앞서 수립한 모델을 기반으로 향후 물동량을 예측한 결과는 Fig 6과 Table 4와 같다. 전체적으로 평택·당진항 수입 승용차는 '21년에 29.2천 대를 처리한 이후 조금씩 감소하며, '50년에는 22.8천 대를 처리하는 것으로 분석되었다.

이러한 결과는 Max 대수 산정의 변수로 이용한 인구감소에 의한 것으로, 결국 우리나라가 현재 직면하고 있는 인구감소가 수입 자동차 물동량에 미치는 영향이라고 볼 수 있다. 이러한 결과는 향후 평택·당진항의 항만개발과 수입 자동차와 관련된 PDI(Pre-Delivery Inspection, 출고 전 차량점검)센터 신규 투자에 시사점을 제공할 수 있을 것이다.

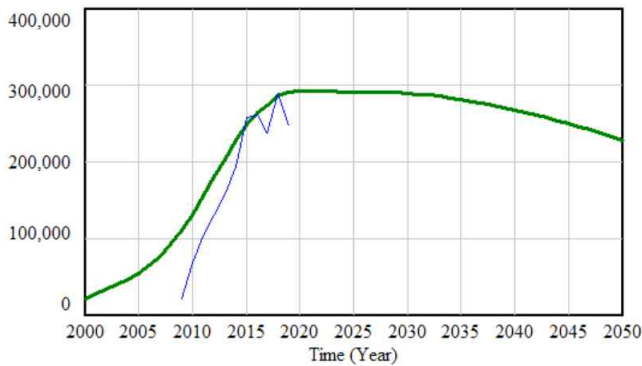


Fig. 6 Real and Forecasted values of Imported cars in Pyeongtaek-Dangjin port

Table 4 Forecasted Imported cars in Pyeongtaek-Dangjin port(unit)

	Forecasting	Year	forecasting
'19Y	290,201	'35Y	281,451
'20Y	292,073	'40Y	267,458
'25Y	291,622	'45Y	249,909
'30Y	289,734	'50Y	228,322

본 예측모델의 정확도 확인을 위해 절대평균비율오차(MAPE)을 이용하여 분석하였다. 검증결과 최근 5개년 MAPE값이 7.8%로 나타나 매우 높은 정확도를 갖는 예측으로 평가된다.

Table 5 Accuracy verification(unit)

	actual	forecasting	MAPE
'15Y	258,398	248,605	7.8%
'16Y	260,855	263,849	
'17Y	238,253	274,305	
'18Y	290,059	286,306	
'19Y	246,851	290,201	

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{X_t - F_t}{X_t} \right| \times 100$$

0% ≤ MAPE < 10% highly accurate prediction
 10% ≤ MAPE < 20% relatively accurate prediction
 20% ≤ MAPE < 50% highly rational prediction
 50% ≤ MAPE inaccurate prediction

5.2 시나리오 분석

본 절에서는 수입 자동차의 점유율 변동에 따라 변화하는 평택·당진항 수입차 물량의 추이를 살펴보기 위하여 시나리오 분석을 실시하였다. 시나리오는 크게 3개로 나누었으며 최근 평균 점유율보다 상향 조정한 20%를 normal로 설정하고 ±5%의 범위로 각 worst, best로 나누어 분석하였다.

분석결과를 Fig 7과 Table 6과 같다.

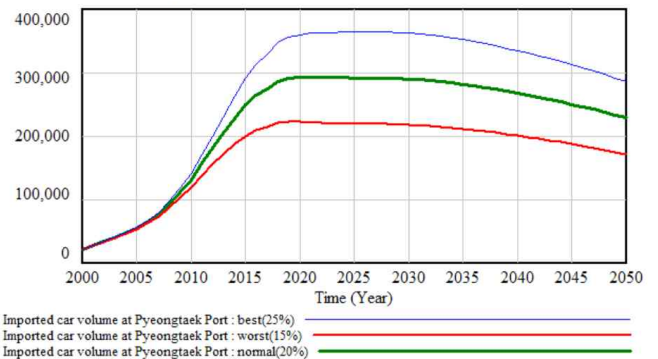


Fig. 7 Scenario analysis of forecasted values of imported cars in Pyeongtaek-Dangjin port

Table 6 Scenario analysis of forecasted values of imported cars in Pyeongtaek-Dangjin port(unit)

	'30Y	'40Y	'50Y
best(25%)	362,057	334,320	285,403
normal(20%)	289,734	267,458	228,322
worst(15%)	217,361	200,594	171,242

6. 연구결과 시사점 및 한계

수요예측에는 여러 가지 방법이 있으나 일반적으로 과거의 데이터 추세를 기반으로 미래를 예측하는 방법이 많이 사용되고 있다. 그러나 우리나라와 같이 단시간 내에 압축성장을 달성하고 최근 성숙기에 접어든 경우에는 이러한 과거 데이터의 사용에 유의할 필요가 있다.

이에 본 연구에서는 평택·당진항의 수입 승용자동차 물동량 추정에 있어 과거의 추세와 더불어 우리나라가 직면하고 있는 인구감소를 반영하였다. 추정 결과 그동안 평택·당진항의 수입 승용차는 꾸준히 증가한 것에 비해 '21년을 기점으로 조금씩 감소하는 것으로 예상되었다. 이러한 결과는 향후 평택·당진항의 항만 개발 정책 담당자와 항만 및 자동차 연관 산업과 관련된 민간 투자자에게 시사점을 제공할 수 있을 것이다.

본 연구의 한계로는 첫 번째, 비록 예측 물동량 추정 결과의 MAPE 값이 7.8%로 분석되어 정확도가 높다고는 할 수 있으나, 자동차 수요를 결정하는 요인은 인구뿐만 아니라, GDP, 교통 인프라 등 여러 가지가 있기 때문에 이에 관한 추가 연구가 필요할 것이다.

두 번째로는 연령별 인구 구성의 변화가 수입 승용차 수요에 미치는 연구가 필요할 것으로 생각된다. 특히 심화하고 있는 인구 고령화는 자동차 수요에 영향을 미칠 것으로 예상된다.

세 번째로는 현재 개발 중인 자율주행 자동차에 대한 영향 분석이 필요하다. 현재는 일정 나이에 도달한 사람만이 자동차 운전면허증을 취득하여 운전할 수 있는데, 만약 자율주행 자동차가 상용화된다면, 자동차 운전면허증 취득이 불가능한 나잇대에 있거나, 운전면허증은 보유하고 있으나 운전이 어려운 노년층에서 수요가 있을 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

- [1] David Metz(2010), Saturation of Demand for Daily Travel, *Transport Reviews*, p. 670.
- [2] Dargay, J. and Gately, D.,(1999), "Incomes Effect on Car and Vehicle Ownership, *Worldwide : 1960-2015*, *Transportation Research Part A*, Vol. 33. pp. 101-138.
- [3] Eurostat(2019), Road transport equipment-new registration of vehicles, <https://ec.europa.eu>.
- [4] Federal Highway Administration(2019), State Motor Vehicle Registrations, <http://www.fhwa.dot.gov>.
- [5] Hördur, V. H.(2004), Introduction to System Thinking and Causal Loop Diagrams, Lund University. pp. 3-4.
- [6] Hwang, S, G. et al(2000), A Basic Study on Estimating the Number of Car Ownership, Korea Transport Institute. pp. 35-36.
- [7] Karen Lucas and Peter Jones(2009), *The Car in British Society*, RAC Foundation, p. 110.
- [8] Kim, S. W.(2009), A System Dynamics Model Development for Forecasting the Demand for Import Cars, The Catholic University of Korea, pp. 44-65.
- [9] Korea Development Institute(2014), A Study on the Standard Guidelines for Preliminary Feasibility Study for Port Sector Projects(Third edition), pp. 183-191.
- [10] Ministry of Ecological and Solidarity transportation, Transportation Statistics, <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr>.
- [11] Ministry of Land(2015-2019), Infrastructure and Transport, Annual Vehicle Registration Status Report, <http://www.molit.go.kr>.
- [12] Park, B. I.(2010), A Study on the Application of the Structural Analysis Model in the Maritime Market, *Shipping & Management*, p. 4.
- [13] Park, S. J. et al.(2012), A Study on the Long-term Prospects of Car Ownership, Korea Transport Institute, pp. 3-4.
- [14] PORT-MIS, Cargo handling performance by item, <https://new.portmis.go.kr>.
- [15] Pyeongtaek Regional Office of Oceans and Fisheries(2015-2019), Trends in automobile exports and imports, <http://pyeongtaek.mof.go.kr>.
- [16] Sin, J. S.(2018), Electric Vehicles Diffusion Forecasting Based on Consumer Preference, Seoul National University, p. 15.
- [17] Statistics Bureau of Japan, Motor Vehicles Owned by kind, <http://www.stat.go.jp>.
- [18] Statistics Korea(2019), Estimation of future population, <http://kostat.go.kr>.

Received 06 October 2020

Revised 16 October 2020

Accepted 26 October 2020