

論 文

항만과 지역경제간의 동태적 모델에 관한 연구

오 세 웅* · 여 기 태** · 이 철 영***

A Study on Dynamic Models for Ports and Regional Economy

S. W. Oh · K. T. Yeo · C. Y. Lee

Key Words : 시스템 다이내믹스(System Dynamics), 지역경제(Regional Economy), 구조모델 (Structural Model), 피드백루프(Feed Back Loop), 양의 루프(Positive Loop), 음의 루프(Negative Loop), 인과순환지도(Causal Loop Diagram), 시스템 사고(System Thinking)

Abstract

If a system such as a port and regional economy has a large boundary and complexity, the system's substance is considered as a black box, forecast accuracy will be very low. Furthermore various components in a port and regional economy exert significant influence on each other. To cope with these problem the form of structure models were introduced by using SD model.

This study has the issue of simplifying the regional economic effects of the port as contributing to raising the regional income. The regional economic effects of port have various indirect ones except for this. So, SD(System Dynamics) was presented, and applied to simulate port and regional economy.

* 정회원, 한국해양대학교 대학원 박사과정

** 정회원, 우석대학교 유통통상학부 전임강사

*** 정회원, 한국해양대학교 물류시스템공학과 교수

1. 서론

1.1 연구의 목적

항만은 해륙의 연결기능이 수행되는 중계지이자 국제 무역의 관문이며 화물유통의 거점으로서 국가 경제발전에 중요한 역할을 담당하고 있다. 특히 항만은 화물의 발생지로부터 최종 도착지까지의 총화물유통 과정상의 핵심부분으로서 하역, 보관, 이송, 심지어 유통가공에 이르기까지 교통서비스를 제공하고 화물의 부가가치를 창출함으로써 국내 산업의 국제 경쟁력 제고에 중요한 역할을 수행해 왔다.[6][7]

그러나 최근 항만 배후 물동량의 도심통과에 따른 교통 체증, 각종 공해 발생 등 부작용이 야기되면서 지역 자치단체 및 시민들로부터 여러 가지 민원과 불만이 제기되는가 하면, 심지어 특정 항만의 경우 항만시설의 도심 외곽 이전론까지 대두되는 등 심각한 양상을 보이고 있어 항만이 지역경제에 미치는 영향을 종합적으로 분석할 필요가 제기되고 있다. 이에 본 연구는 부산항을 대상으로 하여 부산항이 지역경제에 미치는 영향을 시스템 다이내믹스 방법을 빌어 시뮬레이션 분석을 행하였다.

항만과 지역경제간의 연구 방법으로는 기여도 분석이라든가, 지역산업 연관 분석, 그리고 항만의 존재 여부에 따른 비교분석 등을 들 수 있다. 본 연구에서는 항만과 지역경제간의 간접적인 요소나 부정적인 효과를 고려한 구조 모델을 구축하고, 초기 입력치를 사용한 표준 시뮬레이션 분석 및 시나리오 분석을 행하였다.

시스템 다이내믹스 방법은 정확한 통계값을 도출하는 방법론이 아니라 구조모델의 행태를 관찰하는데에 그 목적을 두고 있다. 본 연구에서는 시나리오 분석을 수행하여 그 행태를 살펴봄으로써 항만과 지역경제간의 영향 관계를 살펴보았다.

1.2 연구수행 절차

연구수행 방법은 일반적인 시스템 다이내믹스 방

법 연구절차를 따른다. 먼저, 부산항과 지역경제간의 관계를 파악, 모델의 경계를 설정한 다음, 인과지도 작성에 필요한 요소를 추출한다. 작성된 인과지도를 플로우 다이어그램으로 변환시키고, 시뮬레이션 분석과 모델의 행태를 분석한다. 다음으로 모델의 타당성을 평가하고 시나리오 분석을 행한 다음, 정책 분석 및 결론을 도출하게 된다.

아래는 일반적인 시스템 다이내믹스 연구 절차를 나타내는 그림이다.

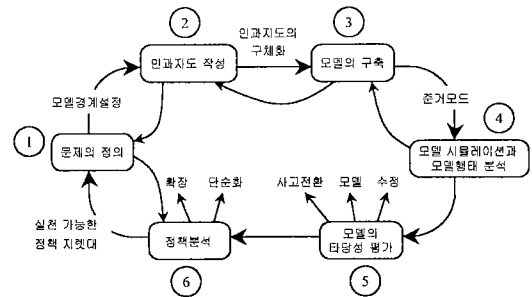


Fig. 1 Research flow diagram[5]

2. 모델의 설계

2.1 요소추출

본 연구에서는 선행연구와 문헌자료를 통해 획득

Table 1 Selected parameter

정량적인 요소	정성적인 요소
수출입 화물량	항만개발계획
부산항 입항 선사수	항만의 민영화
선석길이	항만 서비스
항만처리능력	항만의 경제성
항만비용	항만운영효율
항만산업 노동자수	부산시 시장수요
항만산업 업체수	부산시 시장활동
항만산업 총매출액	항만의 대한 정부투자
부산 지역총생산	
부산시 제조업체수	
부산시 인구	

한 다양한 요소들을 바탕으로 모형을 구성하는 경계 내 요소들을 추출하기 위해, 항만관련 연구자(교수, 연구원), 지역경제 관련 연구자, 전문가 집단에게 자문을 구하여 항만과 지역경제를 잘 나타낼 수 있는 요소를 도출할 수 있었다.

2.2 요소간의 인과관계 루프의 구성

1) 항만부분

항만부분의 인과지도는 수출입 화물량 루프를 중심으로 설명한다. 수출입 화물량이 꾸준히 증가하고 항만을 통한 이익발생이 커지면, 정부의 입장에서 항만을 지속적으로 개발 및 발전시킬 의욕을 갖게 된다. 이것은 수출입 화물량의 증가가 정부투자의욕을 불러일으키는 양의 효과이다. 정부투자의욕의 증대는 다시 선석을 확충하게 되고, 선석증가에 따라 항만의 시설여유를 확보 할 수 있어, 선사에 대한 전용 선석임대 및 부가서비스 증대, 선석부족으로 인한 체선척수 감소 등 각종 항만의 기항매력을 갖게 된다. 이러한 항만의 매력도에 따라 정기선 취항선박의 수는 점차 늘어나 체선이 발생하는데, 이 체선의 증가는 항만에서 지불하게 되는 각종 항비의 상승을 가져오게 되어 항만비용을 증가시키게 된다. 결국 늘어난 항만비용으로 인하여 항만에 대한 기항 매력이 없어져, 수출입 화물량을 감소시키는 인과관계를 형성하게 된다.

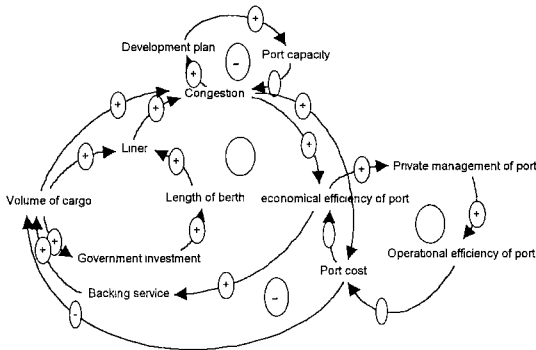


Fig. 2 Causal loop of port

2) 지역경제부분

항만을 경유하는 수출입 화물량이 증가하면 할수록 항만 내에서 화물의 처리를 담당하고 있는 항만 관련산업 업체수가 증가하게 된다. 항만관련산업 업체수가 증가함에 따라 총 매출액이 상승하고, 상승된 이익으로 부대시설이라든지 기기들을 더 보강으로 인해, 수출입 화물량은 더욱더 증가하게 되는 양의 루프를 형성하게 된다. 부산지역의 루프에서, 부산지역의 제조업체 수가 증가하게 되면 업체에서 필요로 하는 노동수요가 증가하게 된다. 실업율은 노동수요와 총인구 중 경제활동 인구의 비율로서 표현되는데 이 실업율은 노동수요가 증가할 경우 음의 관계를 가진다. 부산지역 내의 실업율이 증가하면 할수록 시장 수요는 줄어드는데 이는 시장활동의 감소를 이끈다. 시장활동이 활발해 지면 질수록 부산의 지역총생산(GRDP)은 증가하게 되고, 이는 결국 사업체수의 증가로 이어지게 된다. 전체적인 루프의 인과관계 중 음의 관계가 짝수 개이므로 전체적으로는 양의 피드백 루프를 이루고 있다.

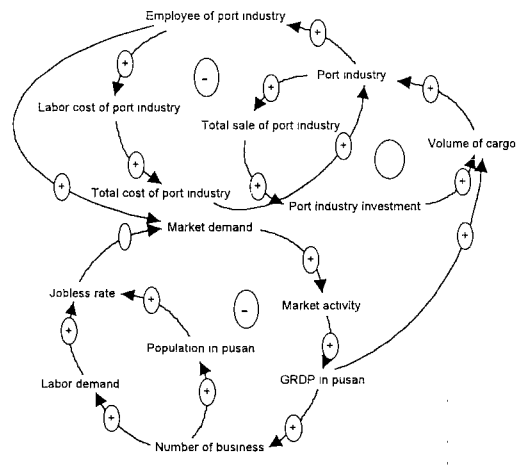


Fig. 3 Causal loop of hinterland

3) 전체 인과지도

항만부분 인과지도와 지역경제 인과지도는 수출입 화물량의 요소를 서로 공유하여 항만에 대한 정성적인 요소와 정량적인 요소에 의해 수출입 화물량이

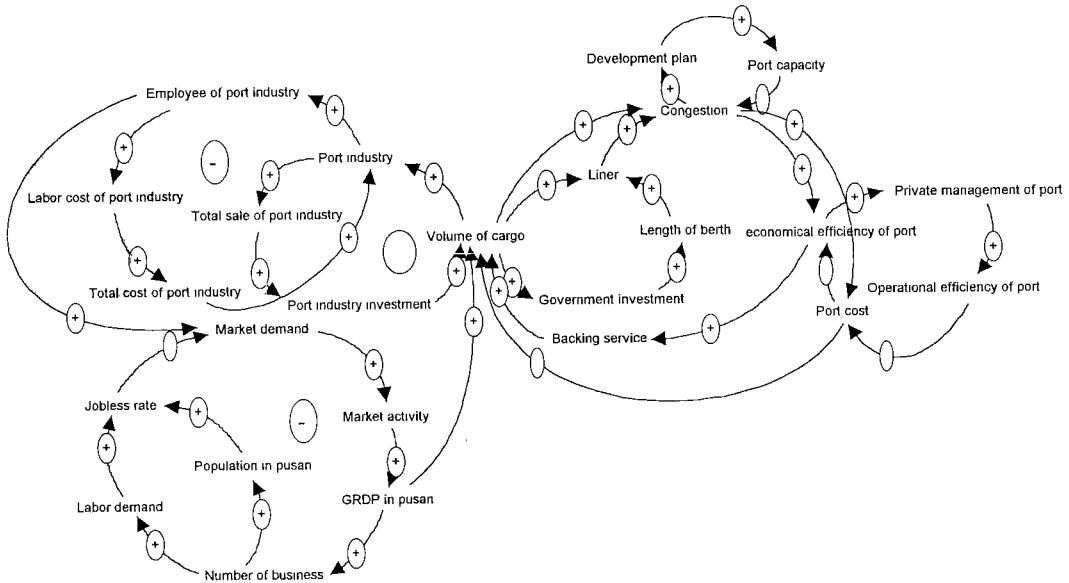


Fig. 4 Total Causal loop

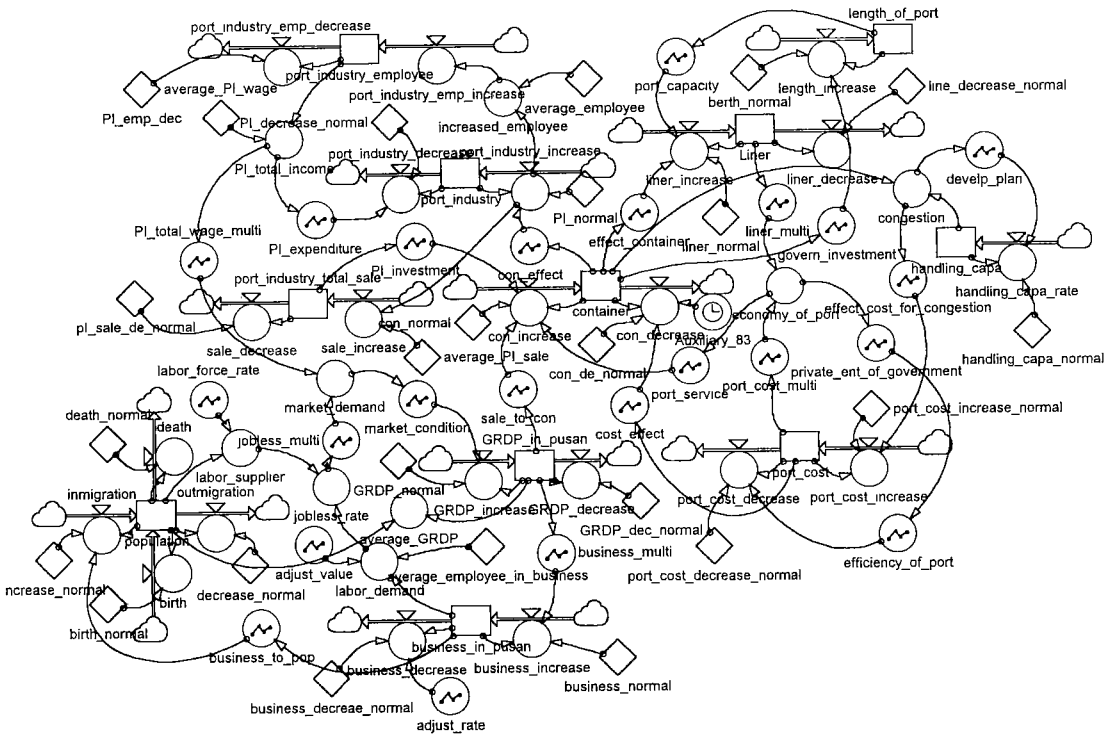


Fig. 5 Total flow diagram

결정되고 이 수출입 화물량을 다루는 항만산업 및 지역경제가 영향을 받게 되는 형태를 취하고 있다. 아래는 전체 인과지도를 나타내는 그림이다.

2.3 플로우 다이어그램 작성

작성되어진 인과지도를 레벨변수, 레이트변수, 보조변수, 승수로 이루어지는 플로우 다이어그램으로 나타내었다. 구조에서 값을 저장하는 역할을 하는 레벨변수로는 수출입 화물량, 정기선사수, 하역능력, 항만비용, 부산시 GRDP, 항만산업 업체수, 총매출액, 부산시 인구수, 부산시 제조업체수로 하였다. 그리고, 보조변수 중에 항만의 경제성, 항만지원 서비스, 항만운영효율, 정부투자비용, 민영화 추진비용 등과 같은 정성적인 변수는 변수들 간의 측정 단위를 0에서 1까지의 값으로 균등화 시키는 기초관계 균등단위 모델링(Normalized Unit Modelling By Elementary Relationship, NUMBER) 방법을 사용하였다.[2]

3. 시뮬레이션 수행

3.1 모형의 변수 입력치

1) 지역항만부분 입력치

본 모델은 부산항을 대상으로 시뮬레이션을 수행하였다. 모델 내의 레벨변수인 수출입화물량의 초기값을 1990년도를 기준값으로 총 수출입화물량값 63,371천톤으로 하였고, 수출입 화물량의 평균 증가율은 5.6%로 하였다. 항만하역능력의 경우 초기치를 43,385천톤으로 하였고, 평균 증가율은 11%로 정하였다. 부두길이의 초기값은 2,800m로 하였고, 평균 증가율은 7%로 정하였다. 항만비용은 80,000원으로 하고 증가율은 0.015로 두었다.

2) 부산시 지역경제부분 입력치

1990년도 기준, 항만관련산업 업체수의 초기치는 511개, 업체수 증가율은 0.018로 하였고, 지역총생산

의 경우, 138,460억원으로 하고 증가율은 0.09로 하였다. 그리고, 인구수는 3,798,000명으로 하였다.

3.2 시뮬레이션 수행

1) 표준 모델의 시뮬레이션 수행

앞서 서론에서 거론했듯이, 시스템 다이내믹스 방법론은 정확한 통계값을 도출하는 방법론이 아니다. 시스템 다이내믹스 방법론을 간단히 설명하면, 레벨 변수와 보조변수의 초기치값과, 레이트 변수의 관계식, 그리고 이 레이트값에 변화를 줄 수 있는 승수를 통하여 시뮬레이션이 한번 수행되는 DT에 따라 구조 모델의 레벨변수 및 보조변수의 값을 도출할 수 있는데, 이를 통해 구조 모델의 행태를 추산해 볼 수 있는 것이다.

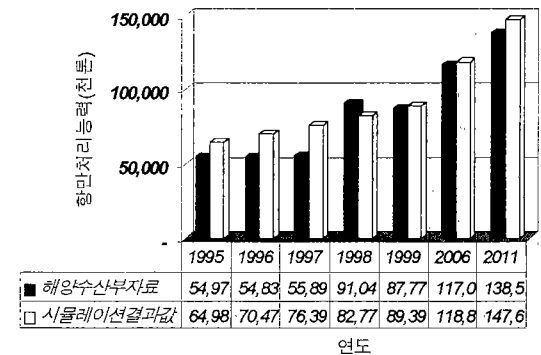
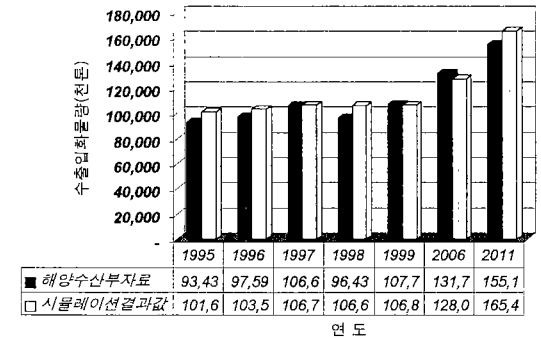


Fig. 6 Comparison with simulation data and statistic data[1]

본 연구에서는 1990년도의 초기치 값을 레벨변수 및 보조변수에 초기치로 투입하여 현 통계치와 유사함을 확인할 수 있었고, 검증된 모델을 가지고 2011년까지의 시뮬레이션을 수행하였다.

아래는 수출입화물량과 항만처리능력의 결과치를 현 통계치와 비교한 그림이다.

표준 시뮬레이션의 2011년 시뮬레이션 실행결과 Level변수 각각의 초기투입치에서 증가 및 감소의 변화를 확인 할 수 있었는데, 2011년도 기준 수출입 화물량은 63,371천톤에서 165,424천톤으로 증가하고, 수출입 화물량의 증가에 따라 항만처리능력은 43,385천톤에서 147,627천톤으로 증가됨을 확인할 수 있었다. 항만관련산업 업체수의 경우에는 1990년에 511개 업체에서 2010년에는 787개 업체로 증가함을 알 수 있었는데, 이는 수출입 화물량의 증가에 기인한다고 볼 수 있다. 항만관련산업 업체수가 증가함에

따라 항만관련산업 매출액과 그 노동자 수도 증가함으로 알 수 있었다. 아래는 표준 모델의 시뮬레이션 수행 결과값을 정리 하였다.

다음으로 모델의 Normal 값에 변화를 주어 시나리오 분석을 행하였다. 수출입 화물량의 변화, 항만의 처리능력 변화, 지역내 총생산의 변화를 각각 시나리오 1, 2, 3이라 하여 시뮬레이션을 수행하였다.

2) 시나리오 1

표준 시나리오의 여러 파라미터 중에서 수출입 화물량의 평균 증가율 보조변수를 0.057에서 0.07로 수정하여 시뮬레이션을 수행하였다.

시뮬레이션 결과, 2010년 기준으로 수출입 화물량은 165,424천톤에서 310,992천톤으로 증가하였다. 항만관련산업 업체수는 수출입 화물량의 증가로 인해, 787개 업체에서 842개로, 항만관련산업이 증가함에 따라 항만산업 노동자수는 28,028명에서 29,959명으

Table 2 Simulation result for standard senario

구 분	1990	1993	1996	1999	2002	2005	2008	2011
수출입화물량 (천톤/년)	63,371	84,263	103,509	106,857	111,397	122,701	141,036	165,424
항만하역능력 (천톤/년)	43,385	55,272	70,479	89,393	104,938	115,011	128,294	147,627
정기선취항수 (척/년)	394	588	845	1,084	1,284	1,420	1,538	1,625
부두길이 (m)	2,800	3,480	4,327	5,379	6,687	8,313	10,335	12,848
항만비용 (₩)	80,000	83,686	87,576	91,564	95,618	99,829	104,230	108,836
항만산업 업체수(개)	511	540	572	607	645	686	733	787
항만산업 노동자수(명)	18,306	19,329	20,466	21,713	23,047	24,494	26,115	28,028
항만산업 총매출(백만)	643,596	671,956	703,471	738,034	775,006	815,104	860,022	913,054
부산시 제조업체수	7,072	8,222	8,852	8,863	8,816	8,798	8,776	8,750
부산시지역총생 산 (십억원)	13,846	16,462	19,574	23,273	27,672	32,902	39,120	46,514
부산시 인구수(천명)	3,798	3,847	3,854	3,849	3,843	3,836	3,828	3,820

로, 항만관련산업 총매출액은 913,054백만원에서 966,558백만원으로 증가함을 알 수 있었다. 이는 수출입 화물량의 증가율 변화에 따라 항만산업 및 지역경제 부분이 영향을 많이 받음을 확인 할 수 있었다.

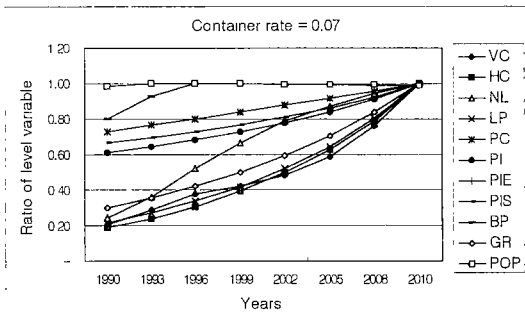


Fig. 7 Analysis for senario 1

3) 시나리오 2

항만처리능력의 증가율 0.11를 0.3으로 변화시키는 것을 시나리오2로 가정하여 시뮬레이션을 실행하면 아래와 같다.

시나리오 2의 시뮬레이션 결과, 2010년 기준으로 수출입 화물량은 165,424천톤에서 183,916천톤으로 증가하였다. 이는 항만처리능력이 증가함에 따라 정기선의 증가하였고, 그로 인해 수출입 화물량이 증가함을 알 수 있었다. 항만관련산업의 경우 787업체에서 801개로 증가하였고, 항만관련산업 총매출액 또한 913,054백만원에서 927,015백만원으로 다소 증가

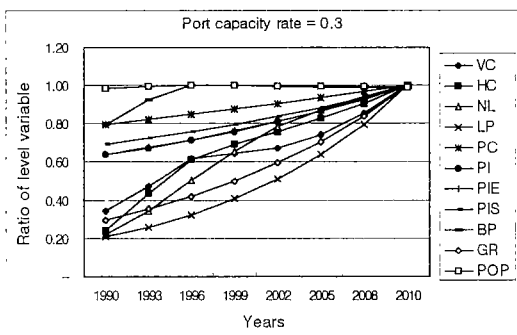


Fig. 8 Analysis for senario 2

함을 알 수 있었다.

4) 시나리오 3

마지막으로, 지역총생산(GRDP)의 평균 증가율 0.09를 0.2로 변화를 시키면 항만의 물동량과 항만관련산업의 변화 살펴보았다.

2010년 기준으로, 수출입화물량이 165,424천톤에서 171,206천톤으로 증가하였고, 항만관련산업의 경우 787개 업체에서 797개 업체로 10개 업체가 증가함을 알 수 있었다. 그리고, 지역총생산이 증가함에 따라 부산시의 제조업체수도 8,750개 업체에서 9,147개 업체로 많은 양의 증가를 보였다. 부산시 인구수도 3,820,750명에서 3,834,630명으로 소폭 증가함으로 알 수 있었다.

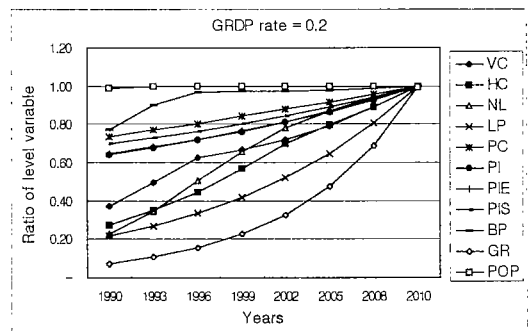


Fig. 9 Analysis for senario 3

5. 결론

모형의 개발 및 개발에 관한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 모형을 구성하는 요소추출은 선행 문헌조사분석 및 실증조사법을 사용하여 획득하였으며, 획득한 구성요소의 인과관계 루프를 항만부분, 지역경제 부분으로 나누어 모델을 구축하였다.
- 2) 고찰된 인과관계 루프상의 레벨변수, 레이트변수, 보조변수, 파라미터 등을 확인하여 플로우다이아그램을 그려 모형을 구축하였다.

3) 개발된 모형에 실제 통계치 데이터 값을 적용시켜 시뮬레이션을 수행한 결과 기존의 통계치 값과 유사한 값을 가지면서 양호한 거동을 확인하였으며, 시나리오 분석을 행하여 환경변화에 따른 모형의 변화를 예측하였다.

4) 시뮬레이션 실행 결과, 레벨변수 각각의 초기투입치에서 증가 및 감소의 변화를 확인할 수 있었는데, 수출입 화물량의 경우 기준년도 63,371천톤에서 2011년에는 165,424천톤으로 증가함을 알 수 있었고, 부산시 항만산업 업체수도 511개 업체에서 787개 업체로 증가함을 알 수 있었다.

본 연구의 모형은 부산항과 부산시 지역경제를 대상으로 모형에 필요한 요소를 추출, 구성하였기 때문에 부산항과 달리 화물의 특성이 판이한 항만에 똑같이 적용시키기는 어렵다.

본 연구의 과제로는 특정 항만에 국한되지 않는 범용적인 모형을 구축하는 것과 시스템의 구조를 보

다 세밀하게 구성하여 대상 시스템을 훌륭히 나타낼 수 있는 모형을 만드는 것이라 하겠다.

참고문헌

- 1) 해양수산부, 해양수산통계연보, 1990~1999.
- 2) 김동환, 인과지도의 시뮬레이션 방법론, 시스템 다이내믹스 학술대회, 2000. 2.
- 3) 이철영, 시스템공학 개론, 효성출판사, 1997.
- 4) 이철영, 항만물류시스템, 효성출판사, 1998.
- 5) 김도훈 · 문태훈 · 김동환, 시스템 다이내믹스, 대영문화사, 1999.
- 6) 해운산업연구원, 항만이 지역경제에 미치는 영향, 1994. 3.
- 7) 부산발전시스템연구소, 부산항만이 지역경제에 미치는 영향분석, 1989. 8.