

港灣의 競爭狀況을 考慮한 動的模型 開發에 관한 研究

여 기 태* · 이 철 영**

A Study on the Development of Dynamic Models under Inter Port Competition

Ki-Tae Yeo · Cheol-Yeong Lee***

〈목 차〉	
Abstract	4. 경쟁항만모형의 적용예
1. 서 론	4.1 표준시물레이션시 시스템거동
2. 선행연구분석 및 선행연구의 한계	4.2 부산항 항만비용 변경에 따른 경쟁항만의 변화
3. 항만 경쟁 모형의 구축	4.3 부산항 체선율 변경에 따른 경쟁항만의 변화
3.1. 단위항만모델의 구축	4.4 종합고찰
3.1.1 구성요소의 추출	5. 결 론
3.1.2 단위항만모형의 변수정의	參考文獻
3.1.3 요소간 인과관계루프의 구성	
3.2 경쟁모형의 개발	

Abstract

Although many studies on modelling of port competitive situation have been conducted, both theoretical frame and methodology are still very weak. In this study, therefore, a new algorithm called ESD (Extensional System Dynamics) for the evaluation of port competition was presented, and applied to simulate port systems in northeast asia.

The detailed objectives of this paper are to develop Unit Port Model by using SD(System Dynamics) method; to develop Competitive Port Model by ESD method; to perform sensitivity analysis by altering parameters; and to propose port development strategies. For these the algorithm for the evaluation of port's competition was developed in two steps. Firstly, SD method was adopted to develop the Unit Port models, and secondly HFP(Hierarchical Fuzzy Process) method was introduced to expand previous SD method. The proposed models were then developed and applied to the five ports - Pusan, Kobe, Yokohama, Kaoshiung, Keelung - with real data on each ports, and several findings were derived. Firstly,

* 양산대학 교동물류정보과 전임강사

** 정희원, 한국해양대학교 물류시스템공학과 교수

※ 본 논문은 한국과학재단 지정 동아대학교 지능형 통합항만관리 연구센터의 연구지원에 의해서 연구되었음.

the extraction of factors for Unit Port was accomplished by consultation of experts such as research worker, professor, research fellows related to harbor, and expert group, and finally, five factor groups - location, facility, service, cargo volumes, and port charge - were obtained. Secondly, system's structure consisting of feedback loop was found easily by location of representative and detailed factors on keyword network of STGB map. Using these keyword network, feedback loop was found. Thirdly, for the target year of 2003, the simulation for Pusan port revealed that liner's number would be increased from 829 ships to 1,450 ships and container cargo volumes increased from 4.56 million TEU to 7.74 million TEU. It also revealed that because of increased liners and container cargo volumes, length of berth should be expanded from 2,162m to 4,729m. This berth expansion was resulted in the decrease of congested ship's number from 97 to 11. It was also found that port's charge had a fluctuation. Results of simulation for Kobe, Yokohama, Kaoshiung, Keelung in northeast asia were also acquired. Finally, the inter port competition models developed by ESD method were used to simulate container cargo volumes for Pusan port. The results revealed that under competitive situation container cargo volume was smaller than non-competitive situation, which means Pusan port is lack of competitive power to other ports. Developed models in this study were then applied to estimate change of container cargo volumes in competitive relation by altering several parameters. And, the results were found to be very helpful for port mangers who are in charge of planning of port development.

1. 서 론

일반적으로 경쟁(Competition)이란 인정, 상, 이익 등을 얻기 위해 상대방을 능가하려고 노력하는 활동을 말하며, 항만에서의 경쟁전략은 근본적으로 특정항만이 갖고 있는 강점들은 강화시키고 약점들은 보다 보강함으로써 각종 기회를 충분히 활용하고 위험에 대처하기 위한 전략대안을 개발하고 계획하는 것이라 할 수 있다. 정기선 화물의 컨테이너화에 따라 컨테이너 항만간에 컨테이너화물 유치경쟁은 더욱 가속화되고 있는데, 이러한 경쟁에서 우위를 점하기 위하여, 컨테이너항만은 항만 시설의 현대화, 대형화, 자동화와 같은 거대한 확장 계획 또는 신규 투자계획을 수립하고 있는 실정이다. 이러한 상황을 고려할 때, 항만간의 경쟁은 항만 상호간에 서로 영향을 주면서 변화하는 특성을 지니고 있으므로 경쟁항만의 개발 및 변화 등의 정보를 종합적으로 고려한 경쟁항만모형의 개발은 시급하다고 할 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 첫째, 경쟁의 주체인 각 항만을 단위항만이라 정의할 때, 단위항만은 여러 가지 정량적, 정성

적 요소가 상호의존적인 관계를 가지고 형성되는 구조모형이라는 점에 착안하여, 단위항만모형을 시뮬레이션하기 위한 구조형 항만모형을 구축하고 둘째, 항만간의 경쟁은 항만 상호간에 서로 영향을 주고 받아서 변화하는 특성을 지니고 있으므로 항만간의 경쟁력을 분석하기 위해서는 경쟁항만의 개발 및 변화 등의 정보를 종합적으로 고려한 경쟁항만모형의 구축이 필수적인데, 본 연구에서는 구축한 단위항만 모형을 기반으로 하는 항만간의 경쟁모형을 구축하고 셋째, 개발된 경쟁모형을 사용하여 단위항만 내의 요소의 변화가 모형내의 경쟁하는 여타의 항만에 어떠한 영향을 미치는가를 민감도 분석을 통하여 분석한다.

2. 선행연구분석 및 선행연구의 한계

UNCTAD 해운위원회에서는 화물운송주선인들이 이용하는 경험적인 방법을 이용해서 경쟁상황 하에서 항만선택의 메카니즘을 제시하였지만 이론적이고 정확한 모형의 제시와는 거리가 있으며, 한신항 연구회(阪神港 研究會)의 연구는 항만모형을 구조모형의 형태인 SD법을 사용하여 제시한 점은

주목할 만하지만 구성요소의 선정이 미흡하고, 선 호도함수의 값을 현실적으로 파악하기 어려운 단 점을 지니고 있다. 三木循彦의 연구는 화주의 항만 선택행동이 항만이 제공하는 서비스수준의 변화에 대해 완전한 가역성을 보이지 않는 磁氣履歷 (Hysteresis)의 특성을 가진 것을 주목하여, 한번 결정한 항만의 평가구조는 큰 이변이 없는 한 변하지 않고 계속된다는 항만선택의 관습성을 가정하여 항만선택의 과정을 설명하였다. 하지만 불감대의 폭을 결정하는 현실함수는 알려져 있지 않다는 단점을 갖고 있다. Markov Model을 사용해서 항만의 선택과정을 해석한 國領英雄은 시간의 경과와 함께 화주의 특성, 물류전략, 기타 환경변화에 확률적으로 변동한다는 추세계열분석을 사용하였는데, 모형의 전계가 단순명료 하다는 장점을 갖고 있으나, 각 화주가 항만선택 행동에 있어서 독립적으로 행동한다는 전제조건 등에 문제점을 갖고 있다. 또한 출하회수가 많은 화주와 적은 화주간의 항만선택 행동의 차이점이 모형에 도입되기 어렵다는 단점도 갖고 있다. 선행연구를 살펴보면, 항만 선택에 관한 이론적인 틀과 분석 및 방법은 아직까지 취약한 부분으로서 남아 있는 상태라고 판단된다. 또한 항만을 선택하는 화주 또는 선주는 가장 합리적으로 행동한다는 가정 하에서 분석을 행하고 있지만 의사결정을 수행하는 수송책임자들은 광범위한 요소를 고려하여 항만선택을 하여야 하는 어려움에 처해있다. 즉 잠재적 항만이용자들은 항만특성에 대해 완전한 정보를 가지고 있는 경우란 희박하며 이들의 선택에 영향을 주는 모든 요소를 파악하는 것은 어려울 것이다. 따라서 경쟁하는 항만사이의 관계를 규명하기 위해서는 여러 가지 요소를 포함하는 시스템전체를 동정하는 방법이 필요한데, 시스템의 구성요소들은 복잡하게 서로 상호작용을 하면서 동적으로 변화하기 때문에 구조모델로 파악하여 시스템을 해석하는 것이 효율적이다. 본 연구에서는 다루고자 하는 항만 사이의 경쟁모형 또한 구성요소가 복잡하고 동적으로 변화하는 구조모델의 형태를 띠기 때문에, 이러한 구조모델을 시뮬레이션 할 수 있는 확장 SD법을 도입하여 경쟁관계를 규명한다.

3. 항만 경쟁모형 구축

3.1 단위 항만모형의 개발

경쟁관계에 있는 항만들의 경쟁상황을 구현하기에 앞서, 경쟁의 주체인 각 항만들을 단위항만이라 정의하고, 단위항만자체를 개발하는데 대해서 기술한다.

3.1.1 구성요소의 추출

본 연구에서는 선행연구를 통해 획득한 다양한 항만 구성요소들을 바탕으로 단위항만모형을 구성하는 경계내 요소들을 추출하기 위해, 항만관련 연구자(교수, 연구원), 전문가 집단에게 자문을 구하였으며, 자문결과 입지, 시설, 서비스, 물동량, 비용의 5가지 대표속성별로 그룹핑(grouping)할 수 있었으며, 대표속성에 포함되는 다양한 세부속성의 구조를 파악 할 수 있었다. 요소 및 구조추출방법은 KJ법(川喜田二郎이 개발한 구조발견 수법)을 사용하였는데, 본 연구에서 이 방법을 채용한 이유는 선행연구에서 살펴본 수많은 요소들을 1 : 1로 비교하는 기존의 방법들과 달리 수많은 정보로부터 전체적인 의미나 내용을 종합적으로 단시간내 병렬로 추출하는데 매우 유효한 방법이기 때문이다. 단위항만모형과 관련이 있는 항목을 살펴보면, 사회영역(Social Sphere) 측면적 구성요소에는 단위항만의 운영에 주로 관계되는 항만운영형태, 항만비용, 항만의 물동량 등이 포함되었다. 세부적으로 살펴보면, 항만의 운영형태는 항만의 관리주체, 민영화 추진의욕, 항만의 경제성 등으로 구성되고, 항만비용은 하역비, 항만시설사용료, 장치료, 선박비용, 연계수송비용등이 해당되며, 항만의 물동량은 수출입 물동량, 환적물동량 등으로 구성된다. 기술영역(Technology Sphere)적 측면의 구성요소는 시설과 기술적인 요소를 포함하는 각종 서비스가 포함된다. 시설에 해당되는 요소로는 항만의 하부 요소에 포함되는 G/C, T/C, S/C등의 각종 하역기 및 부두시설 등이 있으며, 서비스에 해당되는 요소로는 정보서비스를 통한 통관 신속화, 서류 간소화, 항만정보시스템수, 항만지원서비스 등이 포함된다. 또한, 지구영역(Geographic Sphere)에 해당되는 대표요소로서는 항만의 입지를 들수 있는

데, 이는 다른 항만과의 접근 용이성, 주 항로상의 위치여부, 이로서, 배후지의 규모등 다양한 세부 요소를 갖는다. 이러한 대표구성요소 및 세부구성 요소를 Key-Word Network를 통해서 묶을 수 있는데, 본 연구에서는 이를 바탕으로 하여 항만시스템 고찰 및 전문가그룹과 면밀한 검토를 행하여, 구성요소간의 인과관계 루프를 작성하였다.

3.1.2 단위 항만모형의 변수 정의

단위항만의 구성요소를 사용하여, 상세한 단위항만 모형을 작성하기 위해서는, 사용되는 변수와 파라미터의 기호, 변수명 단위차원 정량치를 명확하게 정

의해야 한다. 본 논문에서 사용 할 단위 항만모형의 변수 및 파라미터를 정의하면 <Table 3-1>과 같다.

3.1.3 요소간 인과관계 루프의 구성

(1) 정기선 취항수 루프

단위항만에서 일어나고 있는 정기선 취항수, 수출입 물동량, 항만지원 서비스, 항만의 경제성의 요소간에 관계를 면밀히 분석해 보면, 정기선 취항수의 증가는 항만의 경영상태를 호전시켜 항만의 경제성을 높이는 正의 효과를 가지며, 높은 항만의 경제성은 항만이 다양한 항만지원 서비스를 선주 및 화주에게 제공할 수 있도록 하는 正의 효과를 가진다. 또한 높아진 항만지원 서비스는 항만에서 수출입 물동량을 원활히 처리 할 수 있도록 도와주는 正의 효과를 가지며, 늘어나는 수출입 물동량은 화물을 수송 할 수 있는 정기선 취항수를 늘여가는 正의 효과를 가진다. 즉, 「정기선 취항수 → 항만의 경제성 → 항만지원 서비스 → 수출입 화물량 → 정기선 취항수」의 루프를 가지며 전체적으로 正의 피드백 루프를 형성함을 알 수 있다.

위에서 살펴본 언어표현에 의한 루프를 SD법의 기호를 이용하여 상세루프도를 작성하면 Fig. 3-2와 같다.

<Table 3-1> 단위항만모형의 변수정의

(I) 레벨 변수	M_{10} : $TS - MC$ 승수 [차원 없음]
RS : 장선 취항수 [척선]	M_{11} : $MC - R_3$ 승수 [차원 없음]
CS : 차선 [척선]	M_{12} : $PR - ER$ 승수 [차원 없음]
OF : 관내선 물동량 [TEU/년]	M_{13} : $ER - FW$ 승수 [차원 없음]
BL : 선박길이 [m]	M_{15} : $FW - P_0$ 승수 [차원 없음]
PC : 항비용 [W]	M_{16} : $RR - R_3$ 승수 [차원 없음]
(II) 레이트 변수	M_{17} : $RR - R_4$ 승수 [차원 없음]
R_1 : 장선 취항수 증가율 [척수/년]	M_{18} : $CR - R_9$ 승수 [차원 없음]
R_2 : 장선 취항수 감소율 [척수/년]	M_{19} : $CR - R_{10}$ 승수 [차원 없음]
R_3 : 차선 증가율 [척수/년]	M_{21} : $PR - R_6$ 승수 [차원 없음]
R_4 : 차선 감소율 [척수/년]	M_{22} : $FR - R_1$ 승수 [차원 없음]
R_5 : 수출입 화물량 증가율 [TEU/년]	M_{23} : $FR - R_2$ 승수 [차원 없음]
R_6 : 수출입 화물량 감소율 [TEU/년]	M_{24} : $LR - R_1$ 승수 [차원 없음]
R_7 : 부두 길이 증가율 [m/년]	M_{25} : $LR - R_2$ 승수 [차원 없음]
R_8 : 부두 길이 감소율 [m/년]	M_{26} : $PO - R_{10}$ 승수 [차원 없음]
R_9 : 항비용 증가율 [W/년]	M_{27} : $SR - R_5$ 승수 [차원 없음]
R_{10} : 항비용 감소율 [W/년]	
(III) 보조 변수	(V) 파라미터
RR : 장선 취항수의 비율 [차원 없음]	C_1 : 장선 취항수의 증가 fluctuation (척수)
ER : 항만 경제성 비율 [차원 없음]	C_3 : 차선의 증가 fluctuation (척선)
SR : 항만 지원 서비스 비율 [차원 없음]	C_5 : 관내선 물동량 증가 fluctuation (TEU/년)
FR : 수출입 화물량 비율 [차원 없음]	C_7 : 부두사설의 증가 fluctuation (m/년)
GW : 장부두지의율 (의역단위)	C_9 : 항만 비용의 증가 fluctuation (W/년)
LR : 부두길이 비율 [차원 없음]	C_{11} : 부두사설 손실율 (m/년)
CR : 채산비율 [차원 없음]	F_1 : 항만 경제성 단위
FD : 장배발재비 비율 [차원 없음]	F_2 : 장부두지의율 단위
IS : 정보서비스 비율 [차원 없음]	F_4 : 만항화 추진의율 단위
TS : 장차장면의 비율 [차원 없음]	F_5 : 항만운영 효율 표준
MC : 하역가수 비율 [차원 없음]	F_6 : 항만지원 서비스현실
PR : 항비용비율 [차원 없음]	F_7 : 항만지원 서비스 최선책
FW : 만항화 추진의율 (의역단위)	F_8 : 장배발재비 현실
PO : 항만운영효율 [차원 없음]	F_9 : 장배발재비 최선책
(IV) 테이블 변수	F_{10} : 정보서비스 현실
M_1 : $RR - ER$ 승수 [차원 없음]	F_{11} : 정보서비스 최선책
M_2 : $ER - SR$ 승수 [차원 없음]	F_{12} : 장차장면의 현재치
M_3 : $FR - GW$ 승수 [차원 없음]	F_{13} : 장차장면의 최선책
M_4 : $GW - R_7$ 승수 [차원 없음]	F_{14} : 하역가수
M_5 : $CR - FD$ 승수 [차원 없음]	F_{15} : 하역가수 최선책
M_6 : $FD - IS$ 승수 [차원 없음]	
M_7 : $SR - R_3$ 승수 [차원 없음]	
M_8 : $IS - SR$ 승수 [차원 없음]	
M_9 : $FD - TS$ 승수 [차원 없음]	

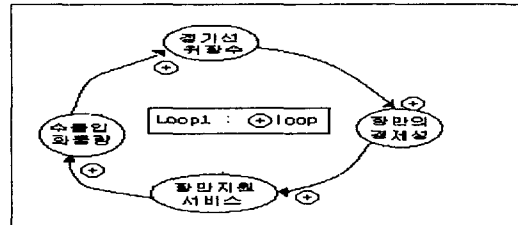


Fig. 3-1 정기선 취항수 루프

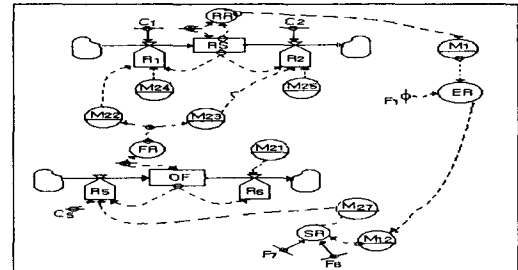


Fig. 3-2 SD 기호에 의한 정기선 취항수 루프

(2) 항만비용 루프

항만비용의 증가 및 감소에 대해서 살펴보면, 항만 내에서의 선박의 체선, 항만운영효율성의 정도 및 항만의 민영화 정도 등 다양한 요소를 생각해 볼 수 있다. 즉, 항만에 있어서 경영상태를 호전시키고 효율적인 관리를 하기 위해서는 민영화의 추진의욕이 증대되게 되는데, 우리 나라에서도 재래 부두에서의 선석별 민간운영제도 도입, 선석별 민간운영사 전대의 예를 볼 수 있다. 또한, 민간의 활력이 도입되면 항만의 운영효율이 증대되게 되며, 이러한 증대된 운영효율은 항만내에서의 재항비용, 선비 등 각종 비용의 절감을 기할 수가 있게 된다. 이러한 관계를 루프화해서 고찰해 보면, 「항만비용 → 항만의 경제성 → 정부 민영화 추진의욕 → 항만운영효율 → 항만비용」의 관계를 가짐을 확인 할 수 있으며 전체적으로 正의 피드백 루프를 형성함을 알 수 있다.

위에서 살펴본 언어표현에 의한 루프를 SD법의 기호를 이용하여 상세루프도를 작성하면 Fig. 3-4와 같다.

(3) 체선 루프 I

「체선 → 장래개발계획 → 장치장면적 → 하역기기수 → 체선」의 전체적으로는 負의 피드백 루프를 형성한다. 이것을 도식화하면 Fig. 3-5와 같다.

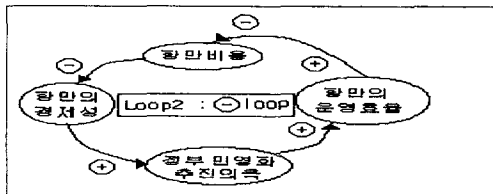


Fig. 3-3 항만비용 루프

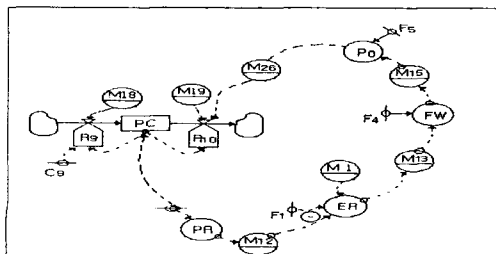


Fig. 3-4 SD 기호에 의한 항만비용 루프

Fig. 3-5를 SD법의 상세한 기호를 사용하여 표시하면 Fig. 3-6과 같다.

(4) 체선 루프 II

체선을 증가시키거나 감소시키는 요소를 포함하는 다른 하나의 루프는, 항만 효율화를 기하기 위한 항만지원서비스, 화물의 처리, 흐름과파 및 세관통관 서류처리의 원활화를 높여주는 항만의 정보서비스의 개발정도에 의해서 영향을 받는 루프를 생각 할 수 있다. 간략화해보면, 「체선 → 장래개발계획 → 정보서비스 → 항만지원서비스 → 체선」의 전체적으로는 負의 피드백 루프를 형성한다.

(5) 수출입 화물량 루프

단위항만이 취급하는 수출입 물동량의 증가 및 감소에 영향을 미치는 요소를 전 절에서 설정된 경계내 요소를 기준으로 살펴보면 정기선 취항수, 선석길이, 정부의 투자의욕, 체선척수, 항만비용 등이

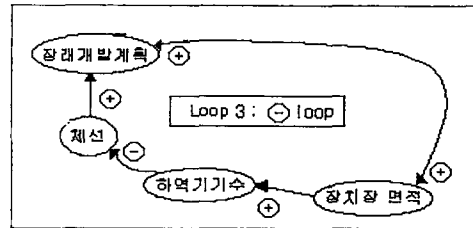


Fig. 3-5 체선루프(I)

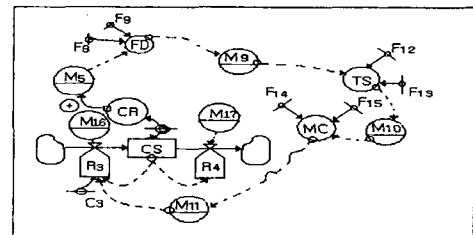


Fig. 3-6 SD에 기호에 의한 체선루프(I)

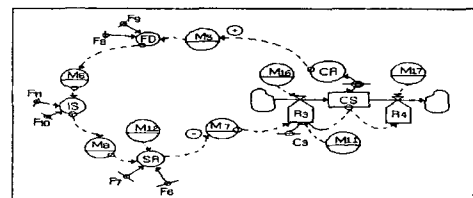


Fig. 3-7 체선루프(II)

포함되며, 항만의 모든 인과관계가 거처가는 중요한 의미를 포함한다. 즉 항만의 모든 계획 및 개발 활동은 수출입 물동량의 증대 및 환적화물 처리의 극대화를 통한 항만의 수지확보에 있기 때문에 항만에 있어 수출입 물동량 및 환적물동량 처리의 극대화는 대단히 중요하다. 레벨변수인 수출입 물동량에 대해서 살펴보면, 만일 이것을 제어하는 하는 제약이 없다고 한다면 정의 피드백루프에 의해서 생성되는 지수함수적 성장패턴에 따라 수출입 물동량은 영원히 증가하게 될 것이다. 그러나 단위항만 내에 포함되는 다양한 마이너스 루프 때문에 수출입 물동량은 줄어들거나, 현상을 유지하기도 하는데, 이러한 영향관계를 살펴보면 다음과 같다. 수출입 물동량이 꾸준히 증가하고, 항만을 통한 이익 발생이 크다면, 정부의 입장에서는 규모의 경제차원에서 항만을 지속적으로 개발 및 발전시킬 의욕을 갖게 될 것이다. 이것은 수출입 물동량의 증가가 정부투자자의욕을 불러 일으키는 정의효과이다. 정부투자자의욕의 증대는 다시 선석을 확충하게 되고, 선석증가에 따라 항만의 시설여유를 확보할 수 있어, 선사에 대한 전용선석 임대 및 부가서비스 증대, 선석부족으로 인한 체선척수 감소 등 각종 항만의 기항매력을 갖게 하여, 정기선 취항선박의 수는 증가하게 될 것이다. 하지만 한편으로 처리 용량이상 기항척수가 증가하게 되면, 다시 체선이 발생하는 상황을 맞게 된다. 또한 체선의 증가는 항만에서 지불하게 되는 각종 항비의 상승을 가져오게 되어 항만비용은 증가하게 되고, 결국 항만비용이 늘어나면 수출입 물동량은 감소하게 되는 인과관계를 형성한다. 이러한 관계를 루프화해서 고찰해 보면, 「정기선 취항수 \rightarrow 체선 \rightarrow 항만비용 \rightarrow 수출입화물량 \rightarrow 정부투자자의욕 \rightarrow 선석길이 \rightarrow 정기선 취항수」의 負의 피드백 루프를 형성함을 알 수 있다. 위에서 살펴본 언어표현에 의한 루프를 SD법의 기호를 이용하여 상세루프도를 작성하면 Fig. 3-8과 같다.

(6) 단위항만 모형의 개발

전 절에서 발견한 인과관계 루프도를 종합하면 단위항만 모형을 개발 할 수 있는데, 언어적 표현에 의한 인과관계 루프도를 전체적으로 표시하면,

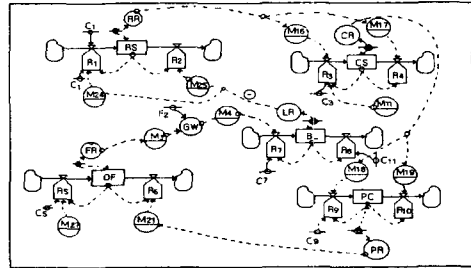


Fig. 3-8 수출입화물량 루프

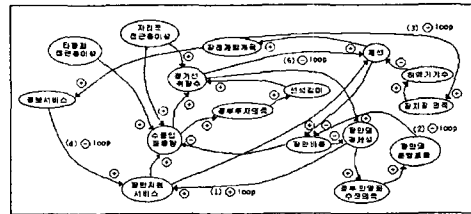


Fig. 3-9 언어적표현에 의한 단위항만 루프도

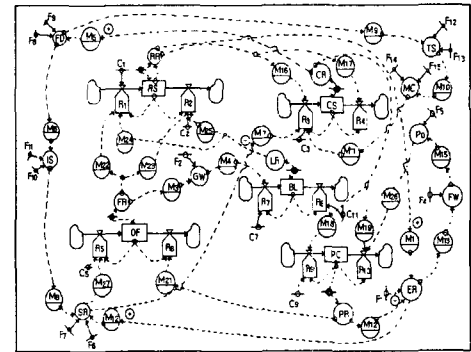


Fig. 3-10 SD기호에 의한 단위항만루프도

Fig. 3-9와 같다. 또한, 언어적 표현에 의한 인과관계 루프도를 SD법의 상세한 기호를 사용하여 단위항만 모형을 나타내면 Fig. 3-10과 같다.

3.2 경쟁모형의 개발

현실에서 일어나고 있는 경쟁상황을 모형화 하기 위해서는, 각 단위 항만이 움직이는 거동을 모형화하는 작업이 선행되어야 하며, 경쟁모형은 개발된 단위항만간의 주고 받는 상호간 영향을 모두 규명함으로써 가능해진다. 본 절에서는 경쟁모형개발을 위하여, 각 단위 항만의 거동은 전 절에서 개발한 단위항만모형을 사용하고, 경쟁모형은 단위항

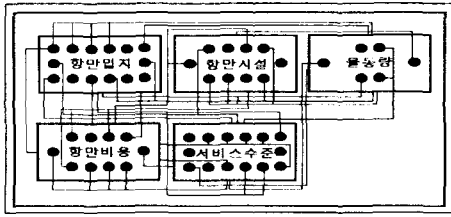


Fig. 3-11 레벨변수간의 중복개념도

단모형 자체를 SD법의 서브시스템으로 생각하여 서브시스템과 인과관계를 규명하는 과정을 통해서 개발한다. 하지만, SD법에 의한 단위항만간 경쟁모형의 개발은 2^{서브시스템수-1}개의 서브시스템간 비교가 필요하게 되며, 한 쌍의 서브시스템비교만 생각해 보더라도, 많은 수의 변수, 테이블함수, 파라미터 등의 상호간에 주는 모든 관계를 모두 규명하여야 경쟁모형을 개발 할 수 있으므로 이는 현실적인 한계가 있다. 따라서, 본 연구에서는 서브시스템간의 인과관계 규명은 단위항만모형의 가장 중요한 변수인 레벨변수의 영향 파악으로 간략화한다. 하지만, 서브시스템별, 레벨변수별 영향을 통합 평가하여 서브시스템에 피드백되는 평가치를 구하는 것도 그 자체가 거대한 문제가 된다. 또한, 단위항만의 가장 중요한 상태변수인 레벨변수들은 계층구조를 가진 여러 가지 세부속성들로 구성이 되고, Fig. 3-11과 같이 시스템 내에 다른 레벨변수의 속성들과도 상호 중복이 되어 있으므로, 평가속성간 상호중복이 있는 경우에도 평가 할 수 있는 방법이 필요로 하게 된다.

따라서, 이러한 복잡하고, 상호중복이 존재하는 레벨변수의 통합평가를 위해서 HFP법을 도입하여 경쟁항만간 모든 레벨 변수를 고려한 경쟁력 평가치를 구한다. HFP법의 개념도는 Fig. 3-12와 같다.

일반적으로 항만간 경쟁이 없다고 가정 할 때 단위항만 모형에 포함되어 있는 제어구조와 경쟁을 고려 할 때 제어구조는 바뀌게 된다. 즉 Fig. 3-13에서 볼 수 있듯이 경쟁이 없을 때는 정상치(Normal)에 의해 제어가 되지만, 경쟁이 생기면 제어가 비정상치(Abnormal)를 사용하게 된다.

그러나 항만 경쟁시에 모든 레벨변수에 비정상치를 적용 할 것인지 일부에만 적용 할 것인지는 루프구조의 면밀한 분석을 통하여 결정하여야 한다. 본 연구에서는 모든 레벨변수에 비정상치를 고

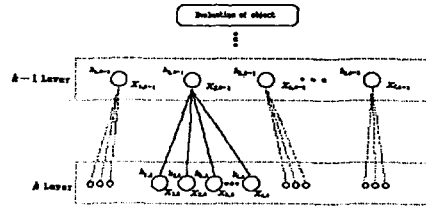


Fig. 3-12 HFP법의 평가구조

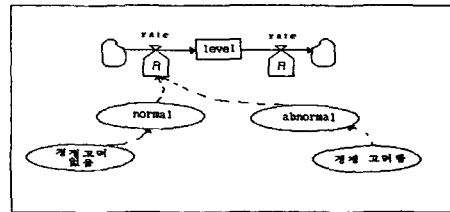


Fig. 3-13 비정상제어의 개념도

려하는 문제를 가장 중요한 레벨변수인 수출입 물동량에 비정상치를 고려하는 문제로 단순화한다. 그 이유로서는 전 절에서 살펴본 단위항만모형의 세부 인과관계루프를 살펴보면, 레벨변수인 수출입 물동량은 항만의 모든 인과관계가 거쳐가는 중요한 의미를 포함한다. 즉, 단위항만이 취급하는 수출입 물동량의 증가 및 감소에 영향을 미치는 요소를 전 절에서 설정된 경계 내 요소를 기준으로 살펴보면, 정기선취항수, 선석길이, 정부의 투자이욕, 체선척수, 항만비용 등 대부분 레벨변수들의 영향이 포함되는데, 이는 수출입 물동량의 증대 및 환적화물 처리의 극대화를 통한 항만의 수지확보가 단위항만 활동 중 가장 중요하기 때문이다. 제어에 사용되는 비정상 상태의 입력치에는 HFP법을 통해서 구한 경쟁력 평가치를 척도로 사용하여, 모형 경계 내 대상항만 전체 수출입 물동량에 적용하여 구한 값을 사용한다. 기존의 SD법의 장점을 살리면서, HFP법의 도입으로 경쟁의 인과관계 규명을 단순화 시킨 확장SD 모형의 개념도는 Fig. 3-14와 같다.

4. 경쟁항만 모형의 적용에

4.1 표준시물레이션시 시스템 거동

지리적으로 인접하고 경쟁관계에 있는 항만간에 일어나는 물동량의 변화치를 동북아 경쟁항만모형은 간단한 파라미터의 변경만으로도 쉽게 파악 할

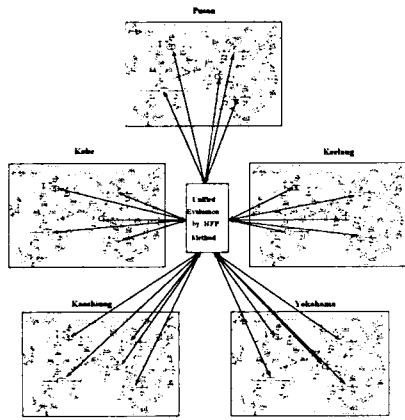


Fig. 3-14 확장 SD법의 개념도

수 있는데, 본 절에서는 단위 항만에서 발생할 수 있는 항만체선율의 증가, 또는 항만비용의 증가 등의 다양한 상황을 가정하여 개발된 모형에 의한 시물레이션을 실시한다. 표준시물레이션은 경쟁하는 각 단위항만의 실증치를 확장 SD모형에 투입하여 결과를 획득한다. 즉 각 항만의 실제 레벨변수값, 파라미터값 및 함수를 사용하여 단위 경쟁항만별 물동량치를 예측하게 된다. <Table 4-1> 및 Fig. 4-1은 확장SD모형에 의해서 예측된 미래 물동량치이다.

4.2 부산항 항만비용변경에 따른 경쟁항만의 변화

특정항만의 항만비용증가에 따른 경쟁항만으로의 물동량 이동현상을 알아보기 위해 특정항만의 항만비용 C_9 을 증가시켜서 시물레이션을 실시한다. 즉, 경쟁관계에 있는 본 연구의 대상항만 중 부산항의 항만비용 증가율을 표준모형에 비해서 15% 증가시키고, 그 외의 항만은 실증자료를 채택한다. 이 경우 부산항의 항만비용 증가에 따라서 물동량은 인접 경쟁항만으로 전배 될 것이라는 예측을 할 수 있는데, 본 모형에서는 파라미터 C_9 을 증가율만큼 수정해줌으로써 쉽게 변화를 파악 할 수 있다. 부산항의 항만비용증가에 따른 각 단위항만별 물동량 변화치는 <Table 4-2> 및 Fig. 4-2와 같이 나타난다.

위의 변화량에서도 알 수 있듯이, 부산항 표준모형의 실증자료보다 항만비용증가율이 15% 증가 할 때에는 부산항의 물동량은 감소해가는 파동성을

<Table 4-1> 확장 SD법에 의한 예측치 (TEU)

구분	부산	고베	요코하마	카오슝	기륭
1998	5,330,683	1,696,016	3,674,101	5,634,301	2,500,942
1999	5,488,376	1,732,855	4,149,002	6,004,287	2,735,920
2000	5,770,688	1,794,571	4,328,534	6,530,510	2,952,790
2001	6,001,327	1,826,597	4,728,225	7,014,239	3,162,909
2002	6,223,604	1,848,608	5,192,878	7,509,121	3,410,394
2003	6,563,581	1,904,682	5,871,299	7,592,208	3,802,968

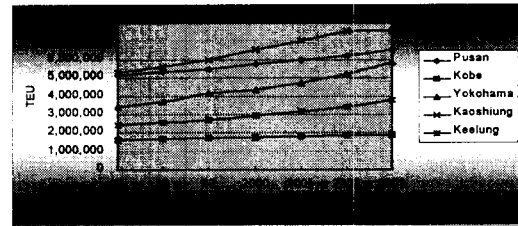


Fig. 4-1 표준시물레이션의 거동

<Table 4-2> 항만비용변경에 따른 경쟁항만의 변화

구분	부산	고베	요코하마	카오슝	기륭
1998	3,879,516	1,877,048	4,066,275	6,235,706	2,857,499
1999	3,212,406	2,002,579	4,794,806	6,938,872	3,161,774
2000	2,572,045	2,162,381	5,215,698	7,868,985	3,557,985
2001	4,603,569	1,979,188	5,123,212	7,600,196	3,427,133
2002	3,887,217	2,089,077	5,868,372	8,485,915	3,854,022
2003	4,232,518	2,099,839	6,472,880	8,736,872	4,192,625

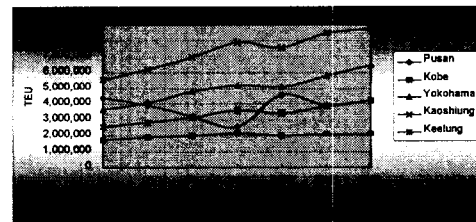


Fig. 4-2 항만비용 변화에 따른 거동

가지며, 이때 감소된 물동량은 인접경쟁항만으로 전배됨을 파악 할 수 있는데, 부산항의 항만비용증가라는 변화요인이 인접 경쟁항만에 어떠한 영향을 미치는지를 명확하게 파악 할 수 있다.

4.3 부산항 체선율변경에 따른 경쟁항만의 변화

경쟁관계에 있는 본 연구의 대상항만 중 부산항의 항만체선율을 표준모형에 비해서 20% 증가시키고, 모형내의 다른 항만들은 실증자료를 사용하였을 경우, 부산항 체선율 증가에 따른 각 단위항만별 물동량 변화치는 <Table 4-3> 및 Fig. 4-3과 같이 나타난다.

4.4 종합 고찰

제 4장의 결과를 종합해서 고찰해보면 단위항만간의 경쟁을 고려할 때와 경쟁을 고려하지 않을 때의

<Table 4-3> 체선율 변경에 따른 경쟁항만의 변화

구분	부산	고베	요코하마	카오슝	기물
1998	4,887,266	1,751,332	3,793,934	5,818,065	2,675,446
1999	4,504,162	1,849,494	4,428,272	6,408,437	2,920,076
2000	4,035,433	1,994,107	4,809,818	7,236,629	3,281,107
2001	3,368,835	2,113,982	5,472,131	8,117,810	3,660,540
2002	5,116,371	1,962,568	5,513,000	7,972,031	3,620,633
2003	4,359,560	2,087,432	6,434,637	8,685,253	4,167,834

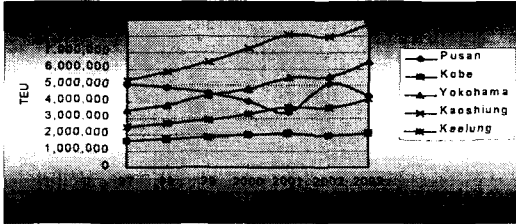


Fig. 4-3 체선율 변화에 따른 거동

<Table 4-4> 단위항만모델 및 전문기관 예측치의 비교

구분	1998	1999	2000	2001	2002	2003
KMI 예측치	5,595,313	6,020,945	6,446,577	6,872,209	7,297,841	7,723,473
항만경쟁을 고려하지 않을 때	5,154,526	5,539,037	5,973,804	6,457,356	7,021,476	7,735,482

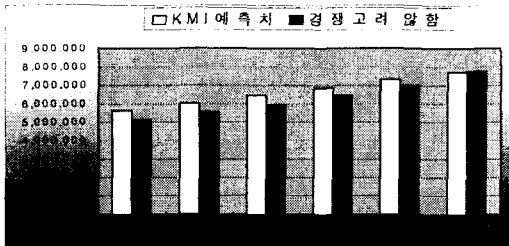


Fig. 4-4 예측치의 비교

<Table 4-5> 경쟁항만모델 및 전문기관 예측치의 비교

구분	1998	1999	2000	2001	2002	2003
KMI 예측치	5,595,313	6,020,945	6,446,577	6,872,209	7,297,841	7,723,473
항만경쟁을 고려 할 때	5,330,683	5,488,376	5,770,688	6,001,327	6,223,604	6,563,581

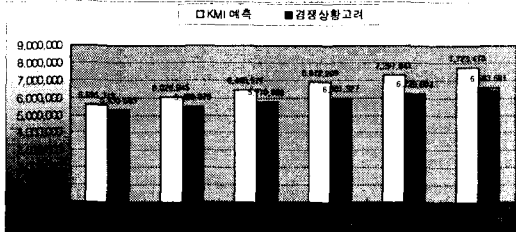


Fig. 4-5 예측치의 비교

결과가 차이가 나는 것을 확인 할 수 있다. <Table 4-4>와 같이 단위항만간 경쟁을 고려하지 않을 때 모형의 거동은 전문기관의 예측치와 비슷하게 양호한 추종을 함을 볼 수 있다. 여기에서 전문기관의 예측치와 다소 차이를 보이는 것은 예측의 방법이나 변수

설정에 있어서 차이가 있기 때문인데, 전문기관의 예측방법이 사회 거시지표나 항만물동량의 과거 추세 등을 투입하는 정적인 분석방법을 따른다면, 본 연구에서 개발한 모형에 의한 예측은 항만을 고려 할 때 포함되는 다양한 변수, 파라메터, 승수 등에 의한 동적인 상호관계를 작용시켜 결과를 획득했기 때문이다. <Table 4-4>와 Fig. 4-4는 예측의 결과와 비교이다.

또한, <Table 4-5>와 Fig. 4-5는 단위항만간 경쟁모형을 통해서 예측된 경쟁상황이 고려된 예측치와 전문기관 예측치의 비교이다.

결과치에 의하면, 인접항만간 경쟁상황을 가정한 표준시물레이션에 의한 부산항의 물동량이 기존의 전문기관 예측치보다는 작은 규모로 전망되는 것을 알 수 있는데, 이는 부산항이 인접 경쟁항만에 비해 경쟁력이 낮기 때문에 여러 가지 경쟁요소를 도입하여 시물레이션을 실행하면, 기존의 경쟁을 고려하지 않은 예측치보다는 작은 물동량치를 갖게 된다고 판단된다.

5. 결 론

일반적으로 지리적으로 인접하거나 경쟁관계에 있는 항만들은 치열한 경쟁전략에 의해 자항의 이익을 추구하기도 하고, 경쟁항 전략의 강약에 따라 개발전략을 달리하기도 한다. 이러한 상황을 고려할 때 경쟁항만간의 경쟁전략 및 항만의 경쟁력이 평형상태를 이룰 경우에는 단위항만모형에서 예측한 경쟁을 고려하지 않는 결과치는 현실을 반영한다고 볼 수 있으나, 항만간의 전략에 따라 비교우위에 놓이는 항만이 등장하게 되는 경쟁관계에서는 기존의 정적인 예측방법이나 경쟁을 고려하지 않은 시물레이션 방법으로는 정확한 예측을 하기 힘들기 때문에, 구성요소 사이의 다이내믹한 영향을 추적할 수 있는 동적인 시물레이션 방법이 적합하게 된다. 그러나, 선행연구의 대부분이 항만의 경쟁상황을 고려하지 않거나, 정적인 분석방법으로 항만의 경쟁상황에 접근하고 있어서 항만경쟁에 관한 이론적인 틀과 분석 및 방법은 아직까지 취약한 부분으로서 남아 있는 상태라고 판단된다. 따라서, 본 연구에서는 항만경쟁이라는 구성요소가 복잡하고 동적으로 변화하는 시스템 전체를 개발하는 새로운 알고

리즘을 제시하고, 알고리즘을 개발하는 것을 목적으로 하였다. 단위항만모형 및 경쟁항만모형의 개발 및 적용에 관한 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 단위항만모형을 구성하는 요소추출은 선형 문헌조사분석 및 실증조사법을 사용하여 획득하였으며, 획득한 구성요소의 Key-Word Network를 통하여 구성요소간의 인과관계 루프를 다섯 가지로 결정하였으며, 인과관계루프의 正, 負 관계를 확인하였다.

(2) 고찰된 인과관계 루프상의 레벨변수, 레이트 변수, 보조변수, 파라미터 등을 확인하여 단위차원을 명확히 한 후 프로그램으로 변환하여 단위항만모형을 구축하였다.

(3) 개발된 단위항만 모형에 부산, 고베, 요코하마, 카오슝, 기륭 항만의 실증자료를 투입하여 모형을 실행시킨 결과 각 항만별로 기존의 예측치와 작은 오차를 가지면서 양호한 거동을 하는 것을 확인하였으며, 각 항만별 민감도분석을 행하여 환경변화에 따른 항만의 변화를 예측하였다.

(4) 부산항의 단위항만모형 실행 결과, 레벨변수 각각의 초기투입치에서 증가 및 감소의 변화를 확인할 수 있었는데, 정기선척수는 기준연도 829척에서 2003년에는 1,450척으로 증가하고, 이에 따른 물동량 또한, 기준연도 456만 TEU에서 774만 TEU로 증가함을 실행결과에서 얻을 수 있었다. 정기선척수와 물동량의 연도별 증가에 따라, 선석길이 또한 2003년에는 4,729m로 확장해 주어야 함을 확인할 수 있었으며, 이에 따라 항만의 체선척수는 기준연도 97척에서 연도별로 감소해 2003년에는 11척이 되었고, 항만비용은 파동성을 가짐을 확인할 수 있었다.

(5) 항만간의 경쟁상황을 고려한 경쟁모형을 사용하여 표준 시뮬레이션한 결과 부산항의 경우에는, 기존의 전문기관 물동량 예측치보다 작은 규모로 전망된 것을 알 수 있었다. 즉 전문기관의 예측치는 2000년에는 6,446,577TEU, 2003년에는 7,723,473TEU로 예측하였으나, 본 연구에서 개발된 경쟁모형을 적용한 결과 2000년에는 5,770,688TEU, 2003년에는 6,563,581TEU로 각각 예측되었다. 이는 부산항이 인접 경쟁항만에 비해 경쟁력이 낮기 때문인 것으로 판단된다.

본 연구에서 개발한 단위항만모형 및 경쟁항만모형은 기존의 단편적이고 정적인 모형구축방법을

탈피하여 항만의 경쟁에 관련한 모든 구성 가능한 요소를 추출 정리하여 개념적으로 밖에 파악 할 수 없었던 항만경쟁관계를 구조형 시뮬레이션 방법에 의해 개발 하였다는 점이 큰 의의를 가진다. 또한, 개발된 경쟁항만모형을 사용하면, 복잡한 각 항만간에 경쟁상황을 간단한 파라미터의 변경만으로도 예측해 낼 수 있으며, 하나의 단위항만의 개발계획이나 환경변화가 다른 항만에는 어떠한 변화를 가져오는지를 쉽게 확인할 수 있다. 이러한 변화의 확인은 항만관리자, 정책수립자, 선주, 화주에게 빠른 정책대안을 제시할 수 있을 것이다.

참고문헌

- 1) 이철영, "시스템공학 개론", 효성출판사, 1997.
- 2) 이철영, "항만물류시스템", 효성출판사, 1997, pp. 137-150.
- 3) 여기태, 노홍승, 이철영, "퍼지적분을 도입한 계층 구조의 평가 알고리즘", 해양안전학회지, 제2권 제1호, 1996, pp. 97-106.
- 4) 여기태, 이철영, "컨테이너터미널 물류체계의 최적화를 위한 전략적고찰", 한국항만학회지, 제11권 2호, 1997, pp. 145-156.
- 5) 여기태, 이철영. "System Dynamics법을 이용한 동북아항만 경쟁모델의 개발에 관한 연구", 한국항만학회지, 제12권 1호, 1998.
- 6) 國領英雄, 三木橋彦, "隣接二港灣めぐる物流システムの考察", 日本港灣經營學會報, No.17, 1979.
- 7) 阪神港研究會, "システムのシミュレーション的考察(大阪港, 神戸港の場合)", 關西物流近代化 Center, No.18, 1978.
- 8) 三木橋彦, "コンテナ・タミナルにおける コンテナの在庫管理の研究", 日本航海學會, 1979.
- 9) 小玉陽一, "パソコン Basic システム ダイナミックス", 東海大學出版社, 1985, pp. 1-50.
- 10) S·D 모델による 中長期 豫測, 海事産業研究所 SD研究會.
- 11) 海上輸送の構造變化とSD 모델, 海事産業研究所 SD研究會.
- 12) 大江秀房, "システム ダイナミックス ノート", マダロウヒル 好學社, 1985, pp. 13-141.
- 13) 海運造船のモデル, 海事産業研究所 SD研究會.
- 14) 三木橋彦, "國際物流 システムの最適化に 關する研究", 1984, pp. 58-128.
- 15) 本多中二, 大里有生, "フアジイ工學入門", 東京, 海文堂. 1989.
- 16) A. J. Taylor, "System Dynamics in shipping", Operations Research, Vol.27, No1, 1976.
- 17) J. W. Forrester, Industrial Dynamics, MIT Press, 1961.