

SD法과 HFP法の 融合을 利用한 港灣競爭모델의 開發

**Development of Competitive Port Model Using the Hybrid Mechanism of
System Dynamic Method and Hierarchical Fuzzy Process Method**

여 기 태

(양산대학 교통물류정보과 / ktyeo@mail.yangsan.ac.kr)

이 철 영

(한국해양대학교 물류시스템공학과 / yiici@netian.com)

I. 서 론

1. 연구의 목적

정기선 화물의 컨테이너화에 따라 컨테이너 항만간에 컨테이너화물 유치경쟁은 더욱 가속화되고 있는데, 이러한 경쟁에서 우위를 점하기 위하여, 컨테이너항만은 항만시설의 현대화, 대형화, 자동화와 같은 거대한 확장계획 또는 신규 투자계획을 수립하고 있는 실정이다. 컨테이너 항만간의 경쟁은 더욱 치열하게 전개될 전망이다(이철영, 1994). 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, 정성적 요소가 상호의존적인 관계를 가지고 형성되는 구조모형이라는 점에 착안하여, 단위항만모형을 시뮬레이션하기 위한 구조형 항만모형을 구축한다.

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 필수적이다. 따라서 본 연구에서는 구축한 단위항만 모형을 기반으로 하는 항만간의 경쟁모형을 구축 한다.

셋째, 개발된 경쟁모형을 사용하여 단위항만 내의 요소의 변화가 모형내의 경쟁하는 여타의 항만에 어떠한 영향을 미치는가를 민감도 분석을 통하여 분석한다.

2. 연구수행의 방법 및 구성

항만간 경쟁 상황을 구조 모형화된 시스템으로서 파악할 때 시스템을 형성하기 위해서는 여러 가지 구성요소의 추출이 선행되어야 하는데, 이를 위하여 문헌연구와 실증연구를 병행하여, 경쟁을 고려한 각 단위항만모형의 구성요소를 추출한다. 추출된 구성요소를 사용하여 다음의 두가지 단계에 의하여 연구를 수행한다.

첫째, 시스템의 경계가 작고, 시스템에 작용하는 힘이 단순할 때에는 시스템의 내용이 불확실하더라도, 시스템을 블랙박스(Black Box)로 취급하여 시스템으로부터 발생하는 자료 또는 정보를 통계적으로 처리함으로써 장래를 예측할 수 있으나, 단위항만모형처럼 시스템의 경계가 크고, 거기에 작용하는 힘이 복잡해지면, 시스템의 내용을 블랙박스로 생각하여

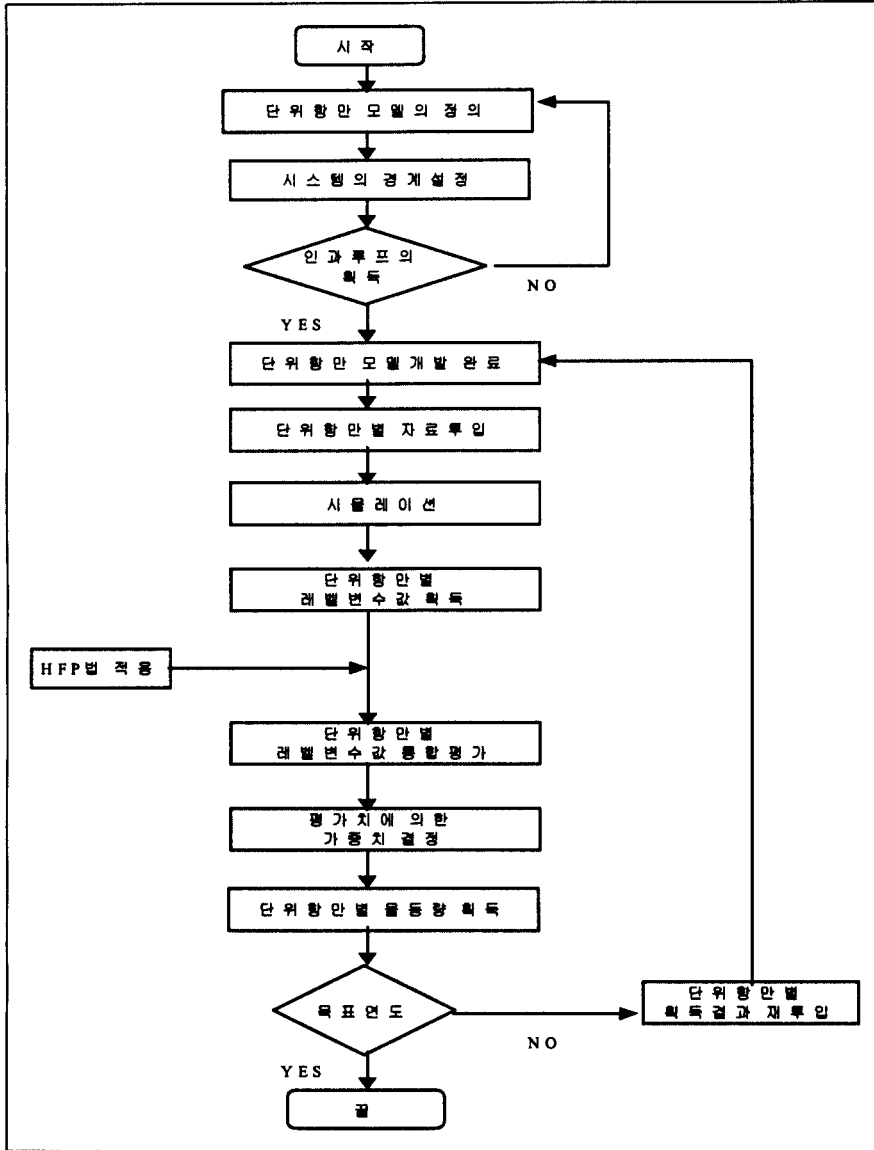
예측하는 것은 대단히 난해하여 정확도가 낮아진다. 따라서, 시스템의 구조를 파악하여 예측할 필요가 생기게 되는데, 이를 위하여 본 연구에서는 구조형 시뮬레이션 방법인 시스템 다이내믹스(SD : System Dynamics)를 도입하여 경쟁을 고려하지 않은 단위항만모형을 개발한다(이철영.1997).

둘째, 항만경쟁모형은 각 단위항만모형을서브시스템으로 하여 구성될 수 있다. 그러나, SD방법을 통하여 개발된 각 단위항만모형은 많은 수의 변수, 테이블함수, 파라미터 및 이들의 상호관계를 나타내는 인과관계루프 등이 복잡하게 나타난다. 이러한 각 단위항만간의 경쟁을 모형화하기 위해서는, 단위 항만모형에 미치는 영향을 모두 조사하여결정하여야 하는데, 이는 현실적인 한계가 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 한계를 극복하기 위하여, 계층퍼지분석법(HFP : Hierarchical Fuzzy Process)을 도입한 확장 시스템 다이내믹스법(ESD : Extensional System Dynamics)을 개발하여 항만경쟁모형을 구축한다(여기태. 노홍승. 이철영.1996).

즉, 경쟁관계를 고려한 확장SD법은 각 단위 항만모형은 SD법을 사용하여 개발하며, 경쟁관계를 구현하기 위한 각 단위항만모형의 통합은 HFP법을 도입한 확장SD법으로 해결한다. 또한, 경쟁항만의 범위는 부산항을 기준으로 지리적으로 인접하고, 경쟁관계에 있는 요코하마, 고베, 카오슝, 기륭항으로 하였으며, 연구의 흐름도는 [그림 1]과 같다.



연구의 흐름도



II. 항만경쟁의 종류와 선행연구분석 및 한계

1. 항만경쟁의 종류

일반적인 산업 또는 서비스활동과 비교할 경우, 과거에는 항만간의 경쟁이 비교적 없는 편이었다. 각 항만은 나름대로 고객을 확보하고 있었고, 이들을 위한 제반 활동도 항만지역 내 또는 인근 배후지에 한정되어 있었다. 그러나 오늘날 대부분의 항만은 배후지를 공유하면서 나름대로의 물동량을 확보하기 위해 치열한 경쟁체제에 돌입하고 있다.

항만의 경쟁형태는 운송수단간의 경쟁, 항만 내 경쟁, 항만간의 경쟁 등의 세가지의 형태가 있다.

1) 운송수단간 경쟁

최근 전세계적으로 항공운송은 두자리 숫자의 증가율을 보이면서 성장을 거듭하고 있어서, 해상운송으로부터 점차 고부가가치의화물을 빼앗아 가고 있다. 또한 육상운송의 경우에 있어서도 SLB(Siberian Land Bridge)는 일본에서 서유럽이나 중동으로 가는 컨테이너화물의 일부분을 운송하고 있기 때문에 결과적으로는 이들 지역의 항만뿐만 아니라 해운선사에 게도 영업상 손해를 미치고 있다. 더구나, 유럽, 북미, 일본, 등 선진국에서의 연안운송은 점차 공로 또는 철도로 대체되고 있어서 항만활동에 크게 영향을 미치고 있다.

2) 항만내 경쟁

항만내 경쟁은 동일항만 내의 제반시설 제공자 또는 운영업자간의 경쟁을 말하며 일반적으로 항만내 경쟁은 항만의 효율성을 높일 뿐만 아니라 서비스도 향상시킨다. 따라서, 이러한 자체조직내 경쟁이 없는 항만은 운영효율성이 낮으며, 오늘날 대부분의 항만이 규모의 경제를 추구하기 때문에 항만 내 경쟁은 피할 수 없는 상황이다.

3) 항만간의 경쟁

선박의 전용화 및 컨테이너화 복합일관운송체제의 도입 등과 같은 환경변화는 집화체제를 변화시켰고 이로 인해 선박의 기항형태도 바뀌었으며, 이러한 변화에 대응하여 중심항만개념이 등장하고 있다. 일반잡화의 운송에 있어서는 환적 물동량의 증가에 따라 항만의 통폐합 현상이 진행되고 있으며, 국제적으로 항만은 중심항(Hub Port)과 피더항(Feeder Port)으로 이분화되고 있다. 그러나 모든 항만이 환적중심항이 될 수는 없다. 환적중심항이

되기 위해서는 다른 항만과의 경쟁에서 이길 수 있는 능력을 갖추어야 하기 때문이다. 따라서 지속적인 개발에 실패하거나 자체적인 개선노력이 부족한 항만은 조만간에 문을 닫을 수 밖에 없는 상황이 전개되고 있다.

2. 선행연구분석 및 한계

UNCTAD 해운위원회에서는 화물운송주선인들이 이용하는 경험적인 방법을 이용해서 경쟁상황하에서 항만선택의 메카니즘을 제시하였지만 이론적이고 정확한 모형의 제시와는 거리가 있으며, 한신항 연구회(阪神港 研究會)의 연구는 항만모형을 구조모형의 형태인 SD 법을 사용하여 제시한 점은 주목할 만하지만 구성요소의 선정이 미흡하고, 선호도함수의 값을 현실적으로 파악하기 어려운 단점을 지니고 있다(UNCTAD.1992). 三木循彦의 연구는 화주의 항만선택행동이 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(三木循彦.1994). 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 전개가 단순명료 하다는 장점은 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(市川廣一.1984). 선행연구를 살펴보면, 항만선택에 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(海事産業研究所.1980). 본 연구에서는 다루고자 하는 항만 사이의 경쟁모형 또한 구성요소가 복잡하고 동적으로 변화하는 구조모델의 형태를 띠기 때문에, 이러한 구

조모델을 시뮬레이션 할 수 있는 확장 SD법을 도입하여 경쟁관계를 규명한다.

III. 항만 경쟁모형 개발

1. 단위 항만모형의 개발

경쟁관계에 있는 항만들의 경쟁상황을 구현하기에 앞서, 경쟁의 주체인 각 항만들을 단위항만이라 정의하고, 단위항만자체를 개발하는데 대해서 기술한다(여기태,이철영,1997).

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 파악할 수 있었다(Hiroshi Maeda,1996). 요소 및 구조추출방법은 KJ법을 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(Socio-Sphere) 측면적 구성요소에는 단위항만의 운영에 주로 관계되는 항만 운영형태, 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(Techno - Sphere)적 측면의 구성요소는 시설과 기술적인 요소를 포함하는 각종 서비스가 포함된다. 시설에 해당되는 요소로는 항만의 하부요소에 포함되는 G/C, T/C, S/C등의 각종 하역기기 및 부두시설 등이 있으며, 서비스에 해당되는 요소로는 정보서비스를 통한 통관 신속화, 서류 간소화, 항만정보시스템 수, 항만지원서비스 등이 포함된다. 또한, 지구영역(Geo- Sphere)에 해당되는 대표요소로서는 항만의 입지를 들 수 있는데, 이는 다른 항만과의 접근 용이성, 주 항로상의 위치여부, 이로지리, 배후지의 규모등 다양한 세부 요소를 갖는다. 이러한 대표구성요소 및 세부구성요소를 Key-Word Network를 통해서 묶을 수 있는데, 본 연구에서는 이를 바탕으로 하여

항만시스템 고찰 및 전문가그룹과 면밀한 검토를 행하여, 구성요소간의 인과관계 루프를 작성하였다(小玉陽一.1985).

(1) 단위 항만모형의 변수 정의

단위항만의 구성요소를 사용하여, 상세한 단위항만 모형을 작성하기 위해서는, 사용되는 변수와 파라미터의 기호, 변수명 단위차원 정량치를 명확하게 정의해야 한다. 본 논문에서 사용 할 단위 항만모형의 변수 및 파라미터를 정의하면 [표 1]과 같다.

표 1 단위항만모형의 변수정의

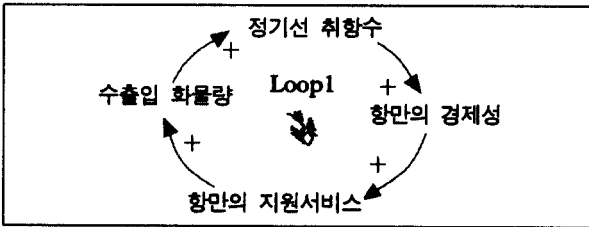
[I] 레 벨 변수	[II] 레 이 트 변수	[III] 보 조 변수	
<i>RS</i> : 장선 취항수 [척년] <i>CS</i> : 채선 [척년] <i>OF</i> : 컨테이너 물동량 [TEU년] <i>BL</i> : 선박길이 [m] <i>PC</i> : 항만비용 [W]	<i>R</i> ₁ : 장선 취항수 증가율 [척수년] <i>R</i> ₂ : 장선 취항수 감소율 [척수년] <i>R</i> ₃ : 채선 증가율 [척수년] <i>R</i> ₄ : 채선 감소율 [척수년] <i>R</i> ₅ : 수출입 화물량 증가율 [TEU년] <i>R</i> ₆ : 수출입 화물량 감소율 [TEU년] <i>R</i> ₇ : 부두 길이 증가율 [m년] <i>R</i> ₈ : 부두 길이 감소율 [m년] <i>R</i> ₉ : 항만비용 증가율 [W년] <i>R</i> ₁₀ : 항만비용 감소율 [W년]	<i>RR</i> : 장선 취항수비 비율 [차원 없음] <i>ER</i> : 항만 경제성 비율 [차원 없음] <i>SR</i> : 항만 자원 서비스 비율 [차원 없음] <i>FR</i> : 수출입 화물량 비율 [차원 없음] <i>GW</i> : 정부투자외유 [외유단위] <i>LR</i> : 부두길이 비율 [차원 없음] <i>CR</i> : 채선비율 [차원 없음] <i>FD</i> : 장대개발계획 비율 [차원 없음] <i>IS</i> : 정보서비스 비율 [차원 없음] <i>TS</i> : 장차장면적 비율 [차원 없음] <i>MC</i> : 하역가수 비율 [차원 없음] <i>PR</i> : 항만비용비율 [차원 없음] <i>FW</i> : 만평화 추진외유 [외유단위] <i>PO</i> : 항만운영효율 [차원 없음]	
[IV] 테 이 블 합 수	[V] 파 라 메 터		
<i>M</i> ₁ : <i>RR</i> - <i>ER</i> 승수 [차원 없음] <i>M</i> ₂ : <i>ER</i> - <i>SR</i> 승수 [차원 없음] <i>M</i> ₃ : <i>FR</i> - <i>GW</i> 승수 [차원 없음] <i>M</i> ₄ : <i>GW</i> - <i>R</i> ₇ 승수 [차원 없음] <i>M</i> ₅ : <i>CR</i> - <i>FD</i> 승수 [차원 없음] <i>M</i> ₆ : <i>FD</i> - <i>IS</i> 승수 [차원 없음] <i>M</i> ₇ : <i>SR</i> - <i>R</i> ₃ 승수 [차원 없음] <i>M</i> ₈ : <i>IS</i> - <i>SR</i> 승수 [차원 없음] <i>M</i> ₉ : <i>FD</i> - <i>TS</i> 승수 [차원 없음] <i>M</i> ₁₀ : <i>TS</i> - <i>MC</i> 승수 [차원 없음] <i>M</i> ₁₁ : <i>MC</i> - <i>R</i> ₃ 승수 [차원 없음] <i>M</i> ₁₂ : <i>PR</i> - <i>ER</i> 승수 [차원 없음]	<i>M</i> ₁₃ : <i>ER</i> - <i>FW</i> 승수 [차원 없음] <i>M</i> ₁₅ : <i>FW</i> - <i>P</i> ₀ 승수 [차원 없음] <i>M</i> ₁₆ : <i>RR</i> - <i>R</i> ₃ 승수 [차원 없음] <i>M</i> ₁₇ : <i>RR</i> - <i>R</i> ₄ 승수 [차원 없음] <i>M</i> ₁₈ : <i>CR</i> - <i>R</i> ₉ 승수 [차원 없음] <i>M</i> ₁₉ : <i>CR</i> - <i>R</i> ₁₀ 승수 [차원 없음] <i>M</i> ₂₁ : <i>PR</i> - <i>R</i> ₆ 승수 [차원 없음] <i>M</i> ₂₂ : <i>FR</i> - <i>R</i> ₁ 승수 [차원 없음] <i>M</i> ₂₃ : <i>FR</i> - <i>R</i> ₂ 승수 [차원 없음] <i>M</i> ₂₄ : <i>LR</i> - <i>R</i> ₁ 승수 [차원 없음] <i>M</i> ₂₅ : <i>LR</i> - <i>R</i> ₂ 승수 [차원 없음] <i>M</i> ₂₆ : <i>PO</i> - <i>R</i> ₁₀ 승수 [차원 없음] <i>M</i> ₂₇ : <i>SR</i> - <i>R</i> ₅ 승수 [차원 없음]	<i>C</i> ₁ : 장선 취항수의 증가 fluxion [척수] <i>C</i> ₃ : 채선의 증가 fluxion [척년] <i>C</i> ₅ : 컨테이너 물동량 증가 fluxion [TEU년] <i>C</i> ₇ : 부두시설의 증가 fluxion [m년] <i>C</i> ₉ : 항만 비용의 증가 fluxion [W년] <i>C</i> ₁₁ : 부두시설 손실율 [m년] <i>F</i> ₁ : 항만 경제성 단위 <i>F</i> ₂ : 정부투자외유 단위 <i>F</i> ₄ : 만평화 추진외유 단위 <i>F</i> ₅ : 항만운영 효율 표준	<i>F</i> ₆ : 항만자원 서비스원질 <i>F</i> ₇ : 항만자원 서비스 확산력 <i>F</i> ₈ : 장대개발계획 현실 <i>F</i> ₉ : 장대개발계획 확산력 <i>F</i> ₁₀ : 정보서비스 현실 <i>F</i> ₁₁ : 정보서비스 확산력 <i>F</i> ₁₂ : 장차장면적 현재치 <i>F</i> ₁₃ : 장차장면적 확산력 <i>F</i> ₁₃ : 장차장면적 확산력 <i>F</i> ₁₄ : 하역가수 <i>F</i> ₁₅ : 하역가수 확산력

(2) 요소간 인과관계 루프의 구성

㉞ 정기선 취항수 루프

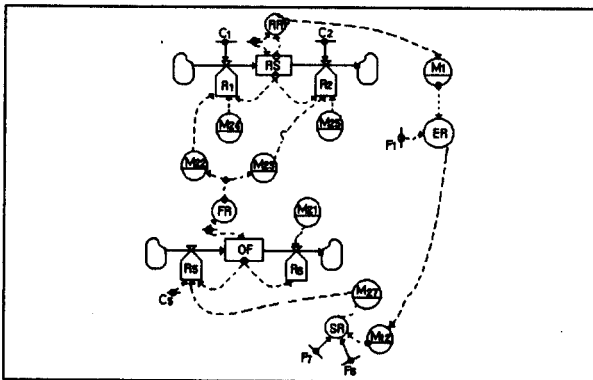
단위항만에서 일어나고 있는 정기선 취항수, 수출입 물동량, 항만지원 서비스, 항만의 경제성의 요소간에 관계를 면밀히 분석해 보면, 정기선 취항수의 증가는 항만의 경영상태를 호전시켜 항만의 경제성을 높이는 正의 효과를 가지며, 높은 항만의 경제성은 항만이 다양한 항만지원 서비스를 선주 및 화주에게 제공할 수 있도록 하는 正의 효과를 가진다. 또한 높아진 항만지원 서비스는 항만에서 수출입 물동량을 원활히 처리 할 수 있도록 도와주는 正의 효과를 가지며, 늘어나는 수출입 물동량은 화물을 수송 할 수 있는 정기선 취항수를 늘여가는 正의 효과를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

정기선 취항수 루프



위에서 살펴본 언어표현에 의한 루프를 SD법의 기호를 이용하여 상세루프도를 작성하면 [그림 3]과 같다.

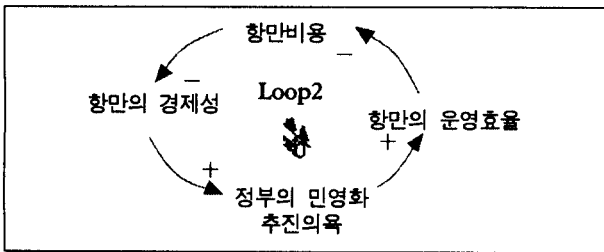
SD 기호에 의한 정기선 취항수 루프



㉔ 항만비용 루프

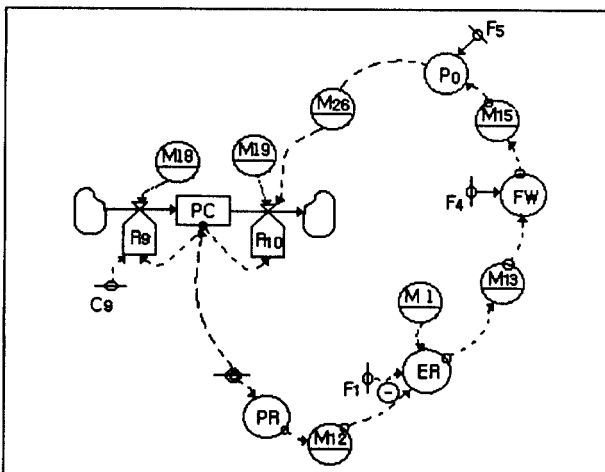
항만비용의 증가 및 감소에 대해서 살펴보면, 항만 내에서의 선박의 체선, 항만운영효율성의 정도 및 항만의 민영화 정도 등 다양한 요소를 생각해 볼 수 있다. 즉, 항만에 있어서 경영상태를 호전시키고 효율적인 관리를 하기 위해서는 민영화의 추진의욕이 증대되게 되는데, 우리나라에서도 재래부두에서의 선석별 민간운영제도 도입, 선석별 민간운영사 전대의 예를 볼 수 있다. 또한, 민간의 활력이 도입되면 항만의 운영효율이 증대되게 되며, 이러한 증대된 운영효율은 항만내에서의 재항비용, 선비 등 각종 비용의 절감을 기할 수가 있게 된다. 이러한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

그림 4 항만비용 루프



위에서 살펴본 언어표현에 의한 루프를 SD법의 기호를 이용하여 상세루프도를 작성하면 [그림 5]와 같다.

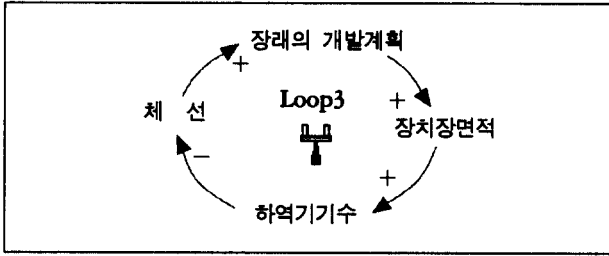
그림 5 SD 기호에 의한 항만비용 루프



㉔ 체선 루프 I

「체선 +→ 장래개발계획 +→ 장치장면적 +→ 하역기기수 -→ 체선」의 전체적으로는 負의 피드백 루프를 형성한다. 이것을 도식화하면 [그림 6]과 같다.

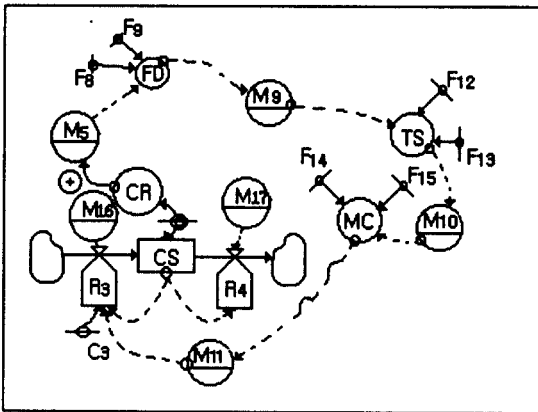
체선루프(I)



주: 체선 (대기선박 기준 12시간 이상 대기한 선박)

[그림 6]을 SD법의 상세한 기호를 사용하여 표시하면 [그림 7]과 같다.

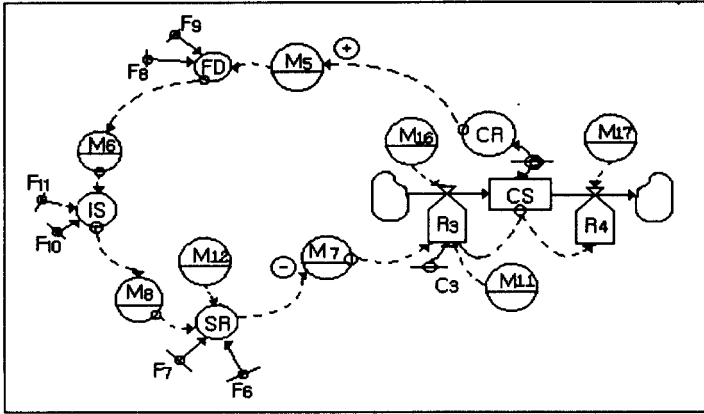
SD에 기호에 의한 체선루프(I)



㉕ 체선 루프 II

체선을 증가시키거나 감소시키는 요소를 포함하는 다른 하나의 루프는, 항만 효율화를 기하기 위한 항만지원서비스, 화물의 처리, 흐름과약 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.

그림 8 체선루프(II)

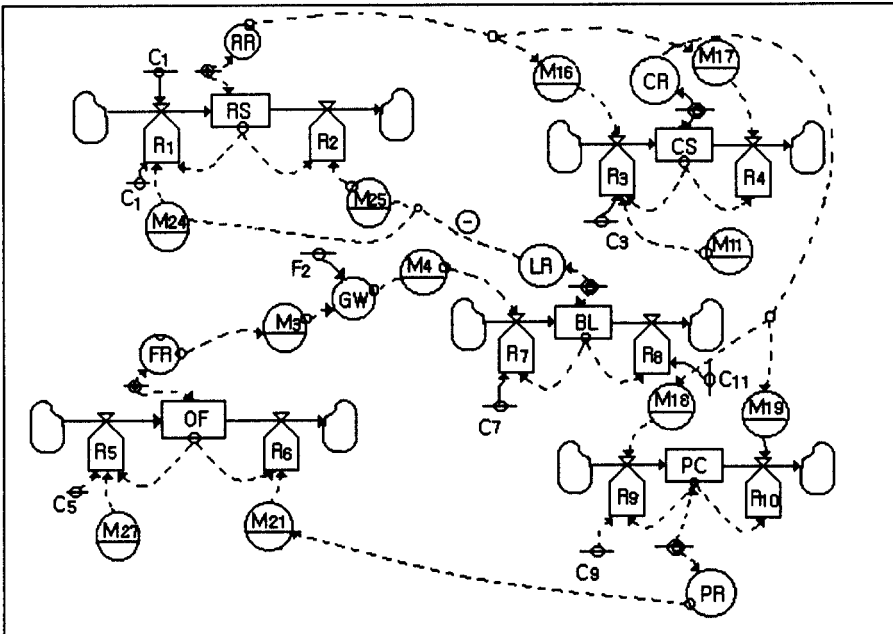


㉑ 수출입 화물량 루프

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 포함되며, 항만의 모든 인과관계가 거쳐가는 중요한 의미를 포함한다. 즉 항만의 모든 계획 및 개발활동은 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 정부투자의욕을 불러 일으키는 정의효과이다. 정부투자의욕의 증대는 다시 선석을 확충하게 되고, 선석증가에 따라 항만의 시설여유를 확보 할 수 있어, 선사에 대한 전용선석 임대 및 부가서비스 증대, 선석 부족으로 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 + → 체선 + → 항만비용 - → 수출입화물량 + → 정부투자이익 + → 선석길이 + → 정기선 취항수」의 負의 피드백 루프를 형성함을 알 수 있다. 위에서 살펴본 언어표현에 의한 루프를 SD법의 기호를 이용하여 상세루프도를 작성하면 [그림 9]와 같다.

그림 9 수출입화물량 루프



㉞ 단위항만 모형의 개발

전 절에서 발견한 인과관계 루프도를 종합하면 전체적으로 표시하면, [그림 10]과 같으며, SD법의 상세한 기호를 사용하여 표시하면 [그림 11]과 같다.

그림 10 단위항만 종합 인과관계 루프도

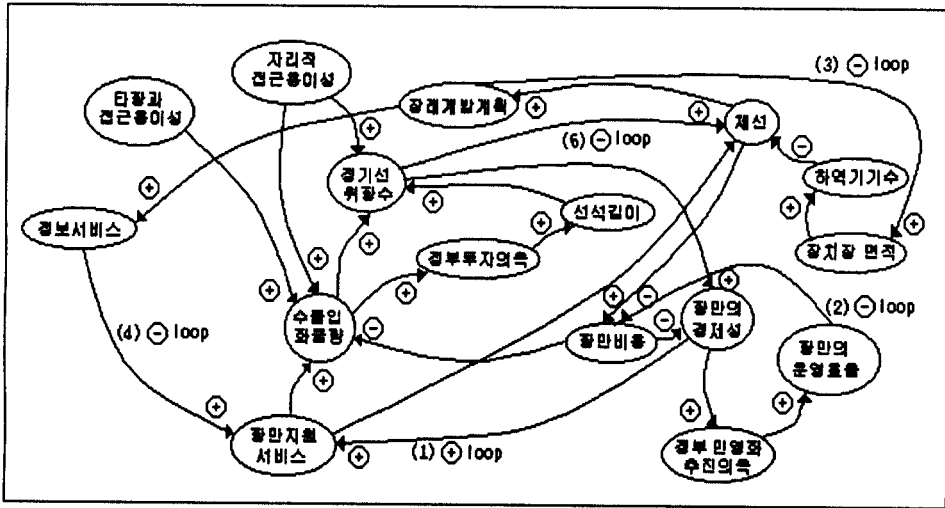
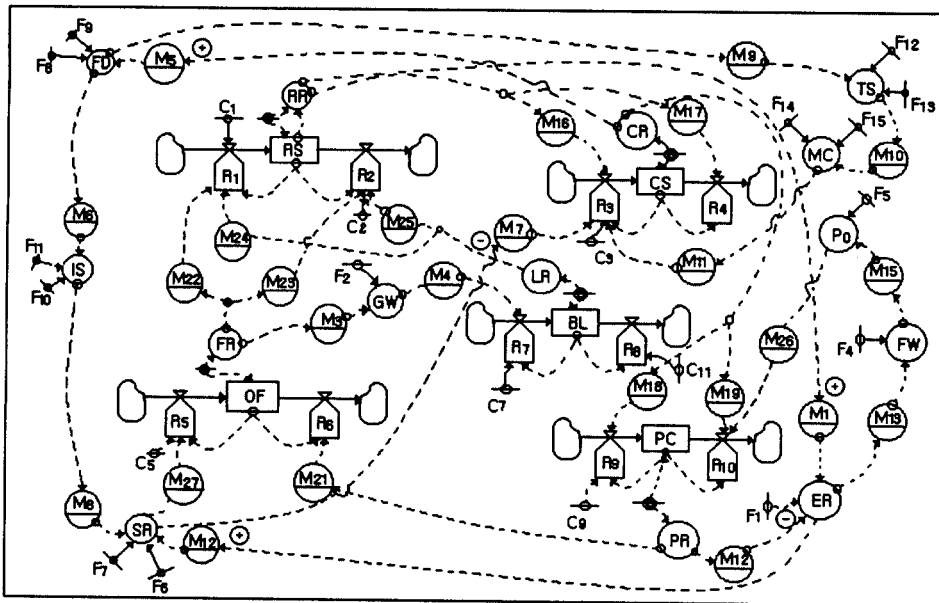


그림 11 SD기호에 의한 단위항만루프도



㉔ 단위항만 모형의 민감도분석

① 표준 시뮬레이션시 시스템 거동

표준 시뮬레이션은 SD방법에 의해서 개발된 단위항만모형을 사용하여 1995년 부산항을 기준으로 하여, Level변수의 초기투입치로서, 정기선취항수 829척, 체선척수 97척, 컨테이너 처리물동량 4,559,748 TEU, 부두길이 2,162m, 1TEU 당 항만비용 107,349원으로 설정하였으며, 파라미터 변수로서, 정기선 취항수 증가율 13.5%, 체선증가율 7.4%, 컨테이너 물동량 증가율 14%, 부두시설증가율 7% 등을 각각 변수의 초기치로 투입하였고, 시뮬레이션의 실행기간은 2003년까지이다. 실행결과 Level변수 각각의 초기투입치에서 증가 및 감소의 변화를 확인 할 수 있었는데 정기선척수는 829척에서 2003년에는 1,450척으로 증가하고, 이에 따른 물동량 또한 4.56백만 TEU에서 7.74백만TEU로 증가함을 실행결과에서 얻을 수 있었다. 정기선 척수와 물동량의 연도별 증가에 따라, 1995년 초기투입치인 부두길이 2,162m 또한 2003년에는 4,729m으로 확장해 주어야 함을 확인할 수 있었으며, 이에 따라 항만의 체선척수는 97척에서 연도별로 감소해 2003년에는 11척이 되었고, 항만비용은 파동성을 가짐을 확인 할 수 있었다. 시뮬레이션을 실행한 결과는 [표 2] 및 [그림 12]와 같다.

② 하역기기수 증가에 따른 단위항만모형의 변화

표준모형의 파라미터 중 하역기기수를 향상시켰을 때, 부산항 구성요소에는 어떠한 변화가 일어나는지 알아보기 위해 표준모형의 파라미터치를 75%로 변경하였다. 하역기기수 증가에 따른 시뮬레이션을 「시나리오 2」 라하고, 시뮬레이션 결과를 표준시나리오와 비교하여 살펴보면, 물동량 측면에서 향상전보다 37천TEU 정도 증가함을 확인할 수 있으며, 선박의 항만비용 및 대기척수는 감소함을 볼 수 있다. 또한 정기선 취항척수는 소수이지만 증가해가는 것을 알 수 있다.

「시나리오 3」 을 표준 시나리오와 비교해서 살펴보면 정기선척수의 상대적 증가에 따라 체선척수가 증가하며, 항만비용이 증가함을 확인할 수 있다.

③ 정기선 척수 증가율 C_1 변경에 따른 항만모형의 변화

SD법에 의한 단위 항만 모형의 개발은, 복잡한 구성요소를 갖고, 동적으로 변화하는 컨테이너 전용부두의 현상자체를 시스템화 함으로써 간단한 파라미터의 변경만으로도 여러 가지 중요구성요소의 장래변화를 쉽게 파악 할 수 있다는데 있다. 단위항만모형의 물동량 및부두의 파라미터 변경이 장래 어떠한 영향을 미치는지에 대하여 민감도분석을 행하기 위하여 정기선척수 증가율 C_1 을 변화시키는 「시나리오 3」 을 가정하여 시뮬레이션을 실행

시하면 [표 4], [그림 14]와 같다.

표 2 표준시물레이션에 의한 부산항 컨테이너터미널의 예측치

구 분	1998	1999	2000	2001	2002	2003
표준시나리오						
정기선취항수 (척/년)	852	883	940	1,037	1,193	1,449
체선척수 (척/년)	61	43	29	19	13	11
컨테이너물동량 (TEU/년)	5,154,526	5,539,037	5,973,804	6,457,356	7,021,476	7,735,482
부두길이 (m)	2,454	2,84	2,997	3,419	3,900	4,729
항만비용 (₩)	122,794	128,665	132,937	134,719	133,955	131,256

그림 12 표준 시나리오의 거동

주 : RS : 정기선취항수 (척/년), CS : 체선척수(척/년),
 OF : 컨테이너물동량(TEU/년) BL : 부두길이(m),
 PC : 항만비용(₩)

표 3 하역기기수 증가에 따른 예측치의 변화량

구 분		1998	1999	2000	2001	2002	2003	
시 나 리 오 2	하 역 기 기 수 75%	RS	852	883	940	1,037	1,194	1,453
		CS	60	42	28	18	12	10
		OF	5,154,526	5,539,252	5,975,382	6,463,438	7,038,221	7,973,038
		BL	2,454	2,684	2,997	3,419	3,980	4,729
		PC	122,764	128,545	132,653	134,214	133,203	130,245

그림 13 시나리오 2의 거동

표 4 정기선척수 증가에 따른 예측치의 변화량

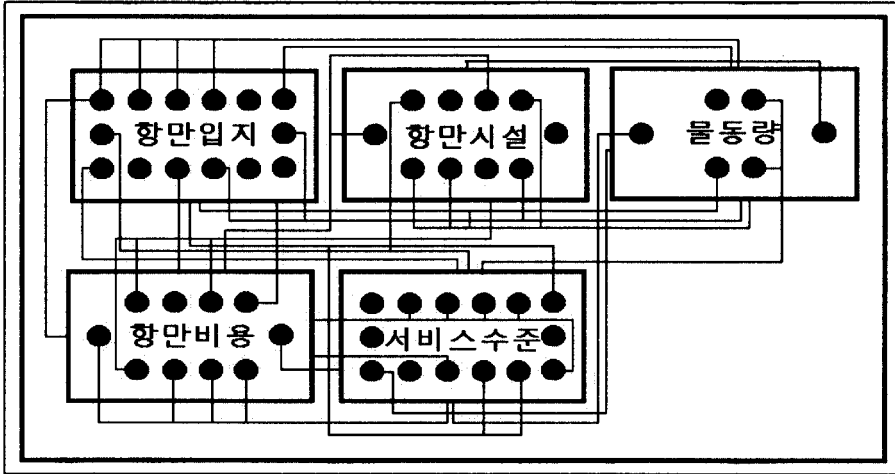
구 분		1998	1999	2000	2001	2002	2003	
시 나 리 오 3	정기선 취항 증가율 14%	RS	898	964	1,071	1,242	1,512	1,948
		CS	62	46	33	26	24	31
		OF	5,154,526	5,538,840	5,971,709	6,414,885	6,972,216	7,584,302
		BL	2,454	2,684	2,997	3,419	3,980	4,729
		PC	122,817	128,840	133,617	13,543	137,879	138,844

그림 14 시나리오 3의 거동

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 단위항만의 거동은 전 절에서 개발한 단위항만모형을 사용하고, 경쟁모형은 단위항만모형 자체를 SD법의 서브시스템으로 생각하여 서브시스템과 인과관계를 규명하는 과정을 통해서 개발한다. 하지만, SD법에 의한 단위항만간 경쟁모형의 개발은 $2^{\text{서브시스템수}-1}$ 개의 서브시스템간 비교가 필요하게 되며, 한 쌍의 서브시스템비교만 생각해보더라도, 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 가진여러 가지 세부속성들로 구성이 되고, [그림 15]와 같이 시스템 내에 다른 레벨변수의 속성들과도 상호 중복이 되어 있으므로, 평가속성간 상호중복이 있는 경우에도 평가 할 수 있는 방법이 필요로 하게 된다.

그림 15 레벨변수간의 중복개념도



따라서, 이러한 복잡하고, 상호중복이 존재하는 레벨변수의 통합평가를 위해서 HFP법을 도입하여 경쟁항만간 모든 레벨 변수를 고려한 경쟁력 평가치를 구한다. HFP법의 개념도는 [그림 16] 과 같다(菅野道夫,1980) (鬼澤武久,1987).

그림 16 HFP법의 평가구조

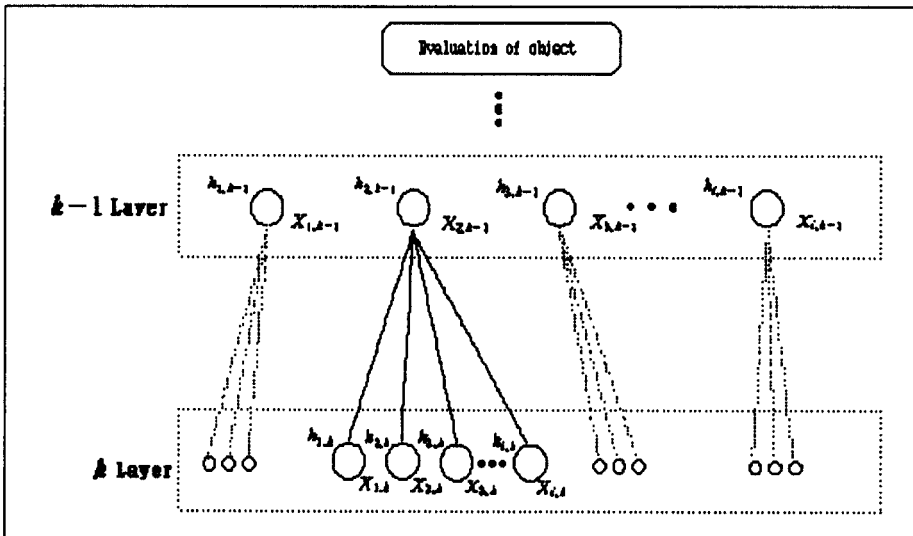
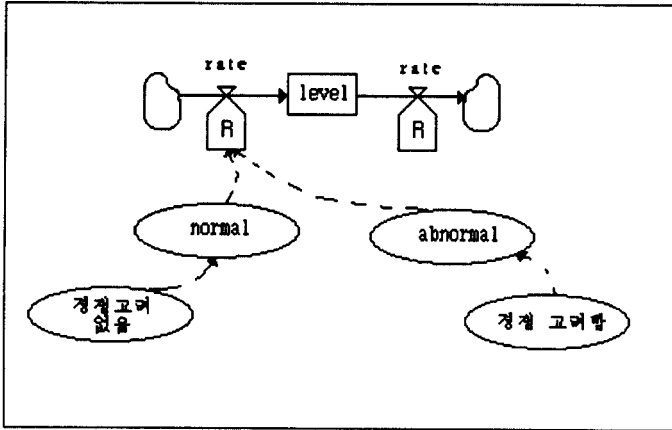


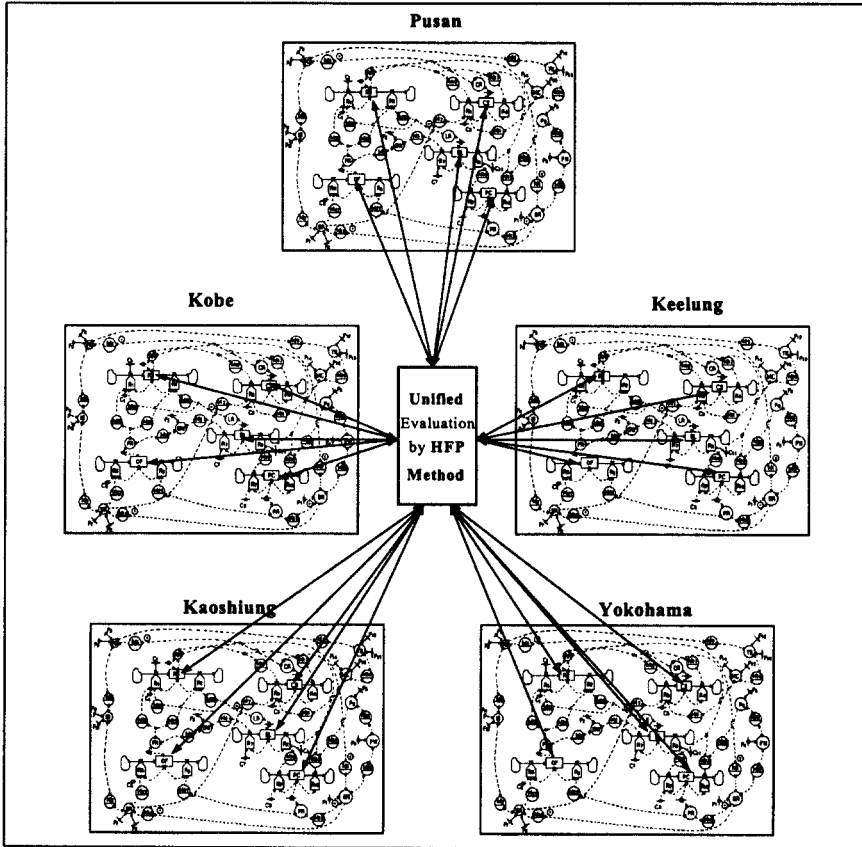
그림 17 비정상제어의 개념도



일반적으로 항만간 경쟁이 없다고 가정 할 때 단위항만 모형에 포함되어 있는 제어구조와 경쟁을 고려 할 때 제어구조는 바뀌게 된다. 즉 [그림 17]에서 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 통해서 결론을 획득 할 필요가 있는데, 본 연구에서는 모든 레벨변수에 비정상치를 고려하는 문제를 가장 중요 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 투자의욕, 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 [그림 18]과 같다.

그림 17 확장 SD법의 개념도



IV. 경쟁항만 모형의 적용에

1. 표준시물레이션시 시스템 거동

지리적으로 인접하고 경쟁관계에 있는 항만간에 일어나는 물동량의 변화치를 동북아 경쟁항만모형은 간단한 파라미터의 변경만으로도 쉽게 파악 할 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 단위 항만의 실증치를 확장 SD모형에 투입하여 결과를 획득한다. 즉 각 항만의 실제 레벨변수 값, 파라미터값 및 함수를 사용하여 단위 경쟁항만별 물동량치를 예측하게 된다. [표 5]

및 [그림 18]은 확장SD모형에 의해서 예측된 미래 물동량치이다.

표 5 확장 SD법에 의한 예측치 (TEU)

구 분	부 산	고 베	요코하마	카오슌	기 룡
1998	5,330,683	1,696,016	3,674,101	5,634,301	2,590,942
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

그림 18 표준시물레이션의 거동

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 증가율 만큼 수정해줌으로써 쉽게 변화를 파악 할 수 있다. 부산항의 항만비용증가에 따른 각 단위항만별 물동량 변화치는 [표 6] 및 [그림 19]와 같이 나타난다.

표 6 항만비용변경에 따른 경쟁항만의 변화

구 분	부 산	고 베	요코하마	카오슝	기 룡
1998	3,879,516	1,877,048	4,066,275	6,235,706	2,867,499
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

그림 19 항만비용 변화에 따른 거동

위의 변화량에서도 알 수 있듯이, 부산항 표준모형의 실증자료보다 항만비용증가율이 15% 증가 할 때에는 부산항의 물동량은 감소해가는 파동성을 가지며, 이때 감소된 물동량은 인접 경쟁항만으로 전배됨을 파악 할 수 있는데, 부산항의 항만비용증가라는 변화요인이 인접 경쟁항만에 어떠한 영향을 미치는지를 명확하게 파악 할 수 있다.

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 [표 7] 및 [그림 20]과 같이 나타난다.

표 7 체선율 변경에 따른 경쟁항만의 변화

구 분	부 산	고 베	요코하마	카오슝	기 룡
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	7,256,629	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	4,167,854

그림 20 체선율 변화에 따른 거동

4. 종합 고찰

제 4장의 결과를 종합해서 고찰해보면 단위항만간의 경쟁을 고려할 때와 경쟁을 고려하지 않을 때의 결과가 차이가 나는 것을 확인 할 수 있다. [표 8]과 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, 파라미터, 승수 등에 의한 동적인 상호관계를 작용시켜 결과를 획득했기 때문이다. [표 8]과 [그림 21]은 예측의 결과와 비교이다.

표 8 단위항만모델 및 전문기관 예측치의 비교

구 분	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

그림 21 예측치의 비교

또한, [표 9]와 [그림 22]는 단위항만간 경쟁모형을 통해서 예측된 경쟁상황이 고려된 예측치와 전문기관 예측치의 비교이다.

표 8 경쟁항만모델 및 전문기관 예측치의 비교

구 분	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 할때	5,330,683	5,488,376	5,770,688	6,001,327	6,223,604	6,563,581

그림 22 예측치의 비교

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.

V. 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 않은 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 알고리즘을 제시하고, 알고리즘을 개발하는 것을 목적으로 하였다. 단위항

단모형 및 경쟁항만모형의 개발 및 적용에 관한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 단위항만모형을 구성하는 요소추출은 선행 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, 레이트변수, 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. 정기선 척수와 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 6,563,581 TEU로 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 개발 계획이나 환경변화가 다른 항만에는 어떠한 변화를 가져오는지 쉽게 확인할 수 있다. 이러한 변화의 확인은 항만관리자, 정책수립자, 선주, 화주에게 빠른 정책대안을 제시할 수 있을 것이다.

본 연구의 향후 과제 및 방향을 본 연구의 한계와 관련하여 고려하여 보면 다음의 세 가

지를 들 수 있다.

첫째, 본 연구에서는 전문가집단의 의견수렴을 통하여 구성요소를 추출하고 인과관계를 구현하였으나, 요소를 어떻게 설정하느냐에 따라 결과는 달라질 수가 있다. 향후 모형경계의 확장, 확장에 필요한 정성적·정량적 구성요소의 추출, 구성요소 사이의 인과관계를 구축할 때는 광범위하고 면밀한 분석이 되어야 할 것이다.

둘째, 경쟁항만모형을 구축할 때 실제상황을 모델링하기 위해서는 모든 단위항만간의 비교가 필요하고, 단위항만간의 비교에는 모든 구성요소의 개별 비교가 필요한데, 이를 본 연구에서는 SD법에 있어서 가장 중요한 변수인 레벨변수의 통합으로 단순화하여 모형을 구축하였다. 또한 경쟁상황을 나타내는 비정상 제어치를 가장 핵심 레벨변수인 수출입물동량에 적용하여 모형을 간략화하였다. 추후 연구에서는 이에 대한 확장방안을 모색하여야 할 것이다.

셋째, 경쟁항만 모형에 있어서 중요도를 적용할 때, 항만에 따라 상대적일 수 있는 각 변수의 중요도를 대상 항만에 대하여 동등하게 적용하였다는 연구의 한계가 있는데, 이를 향후 연구에서는 실제 항만의 상황을 반영하여 중요도를 차등화하는 측면의 연구가 계속되어야 할 것이다.

참고문헌

- 이철영. 1994. <종합물류구축을 위한 항만기능 강화 방안>. 부산 상공회의소.
- 이철영. 1997. <시스템공학개론>. 부산 효성출판사. pp125~175.
- 여기태. 노홍승. 이철영. 1996. “퍼지적분을 도입한 계층구조의 평가 알고리즘”. <해양안
전학회지>. 제2권 제1호. pp97~106.
- UNCTAD. 1992. *Port Marketing and the Challenge of the Third Generation port*. TD/B/C 4/AC
7/14
- Hiroshi, Maeda. 1996. “Dynamical fuzzy reasoning and its application to system modelling.”
Fuzzy Sets and Systems. pp106~107.
- 三木楯彦. 1984. <國際物流 システムの最適化に 關する研究>. pp58~128.
- 市川廣一. 1984. “港灣開發 效果 評價 モデルとその適用.” <計測自動制御學會>.
海事産業研究所 SD研究會. 海運造船のモデル
- 小玉陽一. 1985. <パソコン Basic システム ダイナミックス>. 東海大學出版社. pp1~50.
- 菅野道夫 外3. 1980. <ファジイシステム入門>. 東京. オーム社.
- 鬼澤武久. 1987. <ファジイ測度解釋> 東京. 數理科學. No 284.