SCM관점의 복수시설물 입지결정모형에 관한 연구

A Study on Multi-Facilities Location Decision Model in Perspective of SCM

박 대 석(Park, Dae-Seok)* · 장 도(Zhang Tao)**

〈차 례〉

Ⅰ. 서론
Ⅱ. 이론적 배경
Ⅲ. 복수시설물 입지결정모형의 제안
Ⅳ. 새로운 복수시설물 입지결정모형의 적용
Ⅴ. 결론

【국문초록】

2007년 중국 물류비용이 GDP에서 18.4%의 비중을 차지하고 2006년보다 18.2% 증가했다. 중국 물류비중과 증가추세를 감안할 때 효과적인 물류시스템구축과 운영이 중요한 과제로 인식되고 있으나 중국의 물적 유통시스템, 공급사슬관리에 관한 연구 성과는 미흡하다. 본 연구는 공급사슬관리의 생산요소 및 배송요소와 관련된 공장이나 창고 등 시설의 입지 문제를 다루었다.

본 연구는 기존의 단일 시설입지결정모형인 무게중심법과 수송계획법에 본 연구에서 제안한 수정무게중심법을 결합하여 새로운 복수시설의 입지결정모형을 제시하였다.

본 연구에서 제안한 새로운 복수시설 선정모형은 두 개 이상의 시설물 입지선정 문제에 활용할 수 있고 생산 및 서비스 시설, 유통 및 물류 시설 입지, 방송 및 통신위성의 위치, 무선통신탑의 입지 등에 활용할 수 있다.

주제어 : SCM, 입지결정모형

* 목포대학교 경영학부 교수
** 목포대학교 경영학부 박사과정

Ⅰ. 서 론

중국은 2001년 WTO에 가입하면서 세계 경제의 조류에 편승하기 시작하였고, 이를 발판으로 2008올림픽과 2010년 상해국제박람회를 유치하는 빠른 행보를 계속하고 있다. 이와 함께 시장개방과 경제개혁조치의 결과로 매년 7%이상의 높은 경제성장률을 보이는 경제대국으로 부상하고 있다.

2006년 중국의 경제규모는 211,808억 위안(2006년 말 기준환율 797.18로 계산할 때 약 26,569.66억 달러)이며 물류총비용은 38,414억 위안으로 물류비용이 전국 GDP에서 18.3%를 차지한다(中國國家發展改革委, 2007, 3, 15). 2007년 전국 물류총비용은 45,406억 위안으로 2006년보다 18.2% 증가하여 전국 GDP에서 18.4%를 차지한다(中國國家發展改革委, 2008, 3, 19).

중국내에서 도로와 철도는 화물수송의 절반 이상을 담당하고 있어, 이를 더욱 신속하고 정확하게 수송하기 위해 고속도로, 1급도로(first-class highway)와 2급도로(second-class highway)의 건설과 철도의 복선화 및 전철화와 내륙도시간 철도연결을 하고 있다. 중국의 수출입화물을 전담하고 있는 해운산업을 확충하기 위해 하역장비 및 하역시설을 확충하고 있다.

또한 중국정부는 자국의 회사가 생산한 제품과 해외기업이 중국에서 생산한 제품 판매를 확대하고자 중국내에 물류거점을 건설하고 있다. 특히 Shenyang, Zhengzhou, Wuhan, Guangzhou, Shenzhen, Tianjin에 화물유통시설을 건설하였고, 중국의 여러 지역에 대하여 유통시설을 건설하려고 계획중이며, 창고, 운수, 하역시설을 현대화하고 있다. 수출화물을 취급할 수 있는 컨테이너 전용처리시설을 확충하고 있다.

이와 같이 중국의 물류는 거대한 사업이며 계속 성장하는 매력적인 시장이다.

중국 물류비중과 증가추세를 감안할 때 효과적인 물류시스템구축과 운영이 중요한 과제로 인식되고 있으나 중국의 물적 유통시스템, 공급사슬관리에 관한 연구 성과는 미흡하다.

본 연구는 공급사슬관리의 생산요소 및 배송요소와 관련된 공장이나 창고 등 시설의 입지 문제를 다루고자 한다.[1)]

시설입지를 정하는 것은 공급사슬의 관리비용, 고객에게 제공되는 서비스의 수준, 기업의 전반적 비교 우위에 영향을 미치는 결정 사항이다. 공급사슬은 시설의 네트워크이며, 생산시설, 창고, 배송센터 및 공급자의 입지가 이 시설에서 오가는 상품의 효율적 흐름을 결정한다. 시설 입지결정이 내려지면 시설을 옮기거나 폐쇄하는 데 비용이 많이 든다. 시설 입지는 공급사슬에 장기적으로 영향을 미치므로, 기업의 공급사슬전략의 핵심부분이 되어야 한다. 기술 기반시설, 신속한 운송, 개선된 통신수단 및 세계화로 인하여 증대되는 열린 시장 및 투자로 기업들은 세계 어느 곳에서나 위치할 수 있게 되었다.

시설 입지결정은 시설의 입지를 결정하는 것, 시설의 전략적 역할을 규정하는 것, 시설에 의해 공급되는 시장을 확정하는 것을 포함한다.

본 연구의 핵심과제는 복수시설입지결정모형을 새롭게 제안하는 것이다. 즉 기존의 단일 시설입지결정모형인 무게중심법과 수

1) 일반적으로 공급사슬관리는 구매요소, 생산요소, 배송요소, 통합요소로 구성됨.

송계획법에 본 연구에서 제안한 수정무게중심법을 결합하여 새로운 복수시설의 입지결정모형을 제시하고자 한다.

본 연구에서 제시한 새로운 복수시설입지결정모형을 적용하여 산동성에서 복수시설물의 입지결정, 도시별 할당량, 최소 수송거리를 도출한다.

본 연구의 복수시설의 입지결정모형은 생산 및 서비스 시설, 유통 및 물류 시설 입지, 방송 및 통신 위성의 위치, 무선 통신탑 입지 등에 활용할 수 있다.

Ⅱ. 이론적 배경

1. 공급사슬관리에 관한 연구

Geoffrion and Graves(1974)는 공장과 고객 사이의 복수제품 분배 시스템 설계에 관한 연구를 제시하였다. 그들이 제시한 모델은 복수 제품, 단일 기간, 용량 제약이 있는 모델로써 수리적 모형은 Mixed Integer Linear Problem으로 제시되었으며, Benders Decomposition에 기반을 둔 해결기법이 제시되었다.

송성헌과 구자용(1995)은 설비입지문제, 수송문제, 차량운행문제, 재고문제가 복합적으로 연결되어 있는 통합물류 모형을 제시하였다. 또한 물류거점별 관할영역 제한조건의 유무에 따라 물품공급방식을 단일조달 모델과 다수조달 모델의 2가지 유형으로 분류하고, 공급처에서 수요처로 직송하는 현실적 상황을 반영하여, 비용최소화를 목적으로 한 흐름량 산출방법을 제시하였다. 특히, 네트워크 설계 시 실용적 접근을 위해 비용과 서비스를 평가할 수 있는 접근방법과 적용사례를 제시하였다.

이상진(1998)은 수요가 불확실한 경우 설비의 입지선정을 위한 확률적 선형계획(Stochastic Linear Programming) 문제를 다루었다. 복잡하고, 큰 규모의 혼합정수계획문제를 해결하기 위해 Benders Decomposition의 아이디어를 통해 최적해 알고리즘을 유도하였다. 수치 예제를 통해 실험을 하고, 시뮬레이션에 의한 분석결과를 제시하였다.

서창적과 이화진(2001)은 불확실한 수요를 가지는 2계층 물류 네트워크 모델을 제시하였다. 중앙창고와 지역창고 사이의 수송은 경로를 고려하였으며, 수송비 함수, 재고비 함수, 창고비 함수 등 세 가지 비용함수를 구성하여 시뮬레이션을 수행하고, 실제 기업의 적용 사례를 제시하였다.

Kouvelis and Rosenblatt(2001)은 국제 공급사슬 네트워크의 설계에 관한 연구를 하였다. 제시된 모델은 MIP(Mixed Integer Programming)로써 제시되었으며, 상업용 수학 프로그래밍 소프트웨어로 제시된 문제를 해결하였다. 또한 Global Company의 제조와 분배 네트워크에 있어서 정부보조금, 요율, 지역적 무역규칙, 세금 등의 영향을 증명하였다.

김은정 외(2003)는 용량 제약이 있는 2계층 설비의 입지선정 문제를 다루었는데, 공장과 물류센터의 입지 선정에 관한 의사결정을 동시에 고려하는 모델을 제시하였다. 이 모델에 대한 해법으로 Meta Heuristic의 일종인 타부 탐색 기법을 적용한 알고리즘을 제시하였다.

고현정 외(2004)는 순방향(Forward Flow)과 역방향(Reverse Flow) 물류를 통합한 네트워크 설계를 문제를 다루었고, 해법으로 유

전 알고리듬 접근법을 제시하였다. 특히, TPL(Third Party Logistics)업체의 입장에서 창고와 수집센터의 입지선정과 다수의 화주와 최종고객에 대한 할당문제를 다루었다.

정봉주 외(2004)는 최근 환경에 대한 관심이 증가함에 따른 통합된 환경물류 네트워크 모델을 제시하였다. 기존에 분리되어 연구된 재사용, 재활용, 재생산 네트워크 모델을 동시에 고려한 회수물류 네트워크 문제를 다루고, 최적 주문량 모델을 함께 제시하였다.

Ahmed et al(2003)은 불확실성 하에서 공급사슬 네트워크 설계를 위해 Stochastic programming model과 solution algorithm을 제시하였는데, Global problem과 Domestic problem 두 가지 환경 하에서의 실험 결과를 제시하였다. Global supply chain network의 최적화를 위해서는 비용의 최소화를 목적으로 하였고, Domestic supply chain network의 최적화를 위해서는 이익의 최대화를 목적으로 하여 해를 구하고, 결과를 제시하였다. 해결기법은 Sample Average approximation 방법과 Benders Decomposition을 통합하여 제시하였다.

Snyder et al(2004)은 Risk pooling을 고려한 확률적 입지선정 모델에 관한 연구를 하였으며, 이산적 시나리오(Discrete Scenario)에 의해 설명된 확률적 변수 하에서 입지, 재고, 할당 의사결정을 최적화하는 모델을 제시하였다. 해법으로 Lagrangian- relaxation에 근거한 최적화 algorithm이 제시되었다.

Beamon and Clara(2004)는 제품회수를 고려한 공급사슬 네트워크 모델을 제시하였는데, 제조업자, 창고, 수집센터, 수요처의 3계층으로 구성된 공급사슬 네트워크이며, 다기간, 확정적 수요를 고려한 모델을 제시하였다. 이 모델은 창고와 수집센터의 입지선정 여부를 동시에 결정하고, 각 계층간 제품할당을 수준을 제시하였다. 다기간 정수계획모델은 운영비와 투자비를 분석하기 위해 현재가치방법(Present Worth Method)을 사용하였다.

Ravi and Sinha(2004)는 설비입지와 수송네트워크 설계를 포함한 통합된 물류 문제를 위한 approximation algorithm에 대한 연구를 하였다. 우선 개설비용이 발생하는 설비의 개설과 의뢰인과 설비 사이의 수송에 관한 문제를 다루고, 다음으로 approximation algorithm을 제시하였다.

Min and Guo(2004)는 국제 공급사슬 운영에서 허브항(hub-seaport)의 중요성이 증가하는 것을 고려하여 최적 입지의 허브항을 선택할 수 있는 모델을 제시하였다. Min and Guo(2004)가 제시한 모델은 운송인(Carrier)과 선적인(Shipper)이 허브항을 선택하는 것을 도울 뿐만 아니라 경쟁 환경에서 이익을 최대화하고, 운송인과 선적인을 유치하려는 항만관리기관을 지원할 수 있는 모델을 제시하였다. 또한, 모델의 유용성을 증명하기 위해 잠재적 허브항으로써 18개의 컨테이너 항을 대상으로 실험을 하였다.

Cheong et al(2005)는 차별화된 배송 Lead-time을 고려한 물류 네트워크 설계 모델을 제시하고, 고객의 Lead-time 민감도에 따른 수요 세분화의 이익을 실험하였다. 모든 고객의 수요를 물류센터에서 충족시키는 CASE A, 모든 고객의 수요를 공장에서 충족시키는 CASE B, 짧은 배송 Lead-time을 요구하는 고객은 물류센터에서 충족시키고, 긴 배송 Lead-time을 요구하는 고객은 공장

에서 직송을 통해 충족시키는 CASE C로 구분하여 모델을 분석하고 결과를 제시하였다.

2. 立地決定模型

단일이설입지결정을 위한 모형은 다음과 같은 전제조건이 있다는 가정 하에서 이용되고 있다(Richard B. and Aquilano J., 1985; Maurice, 1971).

① 수요시장을 하나의 점으로 가정한다.

② 운송비와 같은 직접변동비만을 대상으로 하고 저장비, 시설비 등은 제외한다.

③ 지역의 형태나 지형, 거리에 따라 운송비가 다를 것이나 여기서는 일정한 비율로 거리에 비례하는 선형성만을 전제로 한다.

④ 직선운송거리를 전제로 한다.

⑤ 미래의 운송변동이나 비용변동을 고려하지 않는 정태적 분석을 전제로 한다.

⑥ 제품을 하나의 동질적 집단으로 묶어서 고려하거나 단일종류의 제품만 다루는 것으로 가정한다.

1) 무게중심모형(Gravity Center Model)

무게중심법은 여러 장소에 산재해 있는 공장과 소매상들에게 물품을 최소의 소송비로 공급해 주는 단일 공장이나 도매상의 입지를 결정해 주는 기법이다. 무게중심법은 수송비를 이동하는 거리와 부하의 선형함수로 본다. 부하는 성수기와 비성수기에 따라 다를 수도 있지만, 평균적으로는 시간의 흐름에 관계없이 항상 일정하다고 가정한다. 또 공장으로 들어오는 수송비와 공장에서 나가는 수송비도 동일하다고 가정한다.

무게중심법은 목적지의 위치를 보여주는 지도를 사용한다. 지도는 반드시 위치를 정확하게 실제규모를 축소하여 표시되어야 한다. 무게중심법은 이 지도 위에 좌표를 그려 각 설비의 위치를 표시한다.

각 목적지로 수송되는 부하가 전부 동일하다면, 새로운 설비의 위치는 단순히 x좌표와 y좌표의 평균을 구하면 된다. 이것은 다음의 식을 이용하여 구한다.(박대석, 2000)

$$X = \frac{\sum x_i}{n} \quad \text{그리고} \quad Y = \frac{\sum y_i}{n} \qquad (1\text{-}1)$$

여기에서 x_i = 목적지 i의 x 좌표

y_i = 목적지 i의 y 좌표

n = 목적지의 수

그러나 각 목적지로 수송되는 부하가 전부 동일하지 않다면, 새로운 설비의 위치는 x 좌표와 y 좌표의 가중평균치를 이용하여야 한다. 이것은 다음의 식을 이용하여 구한다.

$$X = \frac{\sum x_i W_i}{\sum W_i} \quad \text{그리고} \quad Y = \frac{\sum y_i W_i}{\sum W_i} \qquad (1\text{-}2)$$

여기에서 x_i = 목적지 i의 x 좌표

y_i = 목적지 i의 y 좌표

W_i = 목적지 i의 운반되는 부하

2) 수송계획모형(Transportation Model)

기존의 설비 네트워크를 가진 기업이 새로운 설비를 계획할 때는 두 가지 경우가 있다. 첫 번째는 각 설비가 독립적으로 운영되는 경우이다. 이 경우 새로운 설비의 입지문제는 단일 설비의 입지문제와 마찬가지가 된다. 두 번째는 구성품의 제조공장, 조립공장, 창고 등과 같이 설비간에 상호작용이 있는 경우이다. 이와 같이 상호작용하는 설비의 입지문제에서는 새로운 문제가 제기된다. 즉, 설비간에 어떻게 일을 할당하고, 각 설비의 최적 생산능력을 어떻게 결정할 것인가가 입지와 동시에 문제가 된다. 따라서 다수 설비의 입지문제는 입지, 할당 및 생산능력의 세 가지 차원을 동시에 해결해야 하는 복잡한 문제이다. 여기서는 문제를 단순화하여 다수의 공장 및 창고로 구성된 기존의 생산-배급 네트워크에 새로운 공장이나 창고를 추가할 때의 입지결정문제만 살펴보기로 한다. 생산-배급 네트워크 내의 공장이나 창고의 입지 문제에서는 주어진 공급량을 최소의 비용으로 공급하는 것을 주요 목표로 한다. 즉, 배급의 관점에서 총 수송비용(또는 총 배급비용)이 최소가 되는 입지를 추구한다. 이 경우 추가되는 공장 및 창고의 입지는 기존 공장 및 창고의 누송패턴에 영향을 주게 되므로 전체 수송 네트워크의 관점에서 결정되어야 한다. 이를 위해서는 수송모형(transportation model)을 이용하여 각 후보지를 기존의 수송 네트워크에 추가하여 각각 최적 총 수송비용을 구한 다음, 이들 중 총비용이 가장 작은 입지를 선택한다. m개의 공장과 n개의 창고가 있고, s_i를 공장 i (i=1,2 · · · · · · m)의 공급 량, d_j를 창고 j (j=1,2 · · · · · · n)의 수요량, C_{ij}를 공장 i에서 창고 j로의 단위 당 수송비용이라 할 때, 어느 공장에서 어느 창고로 얼마를 보내야 수요를 충족시키면서 총 수송비용을 최소화할 수 있느냐가 수송문제이다.

결정변수 X_{ij}를 공장 i로부터 창고 j로의 수송량으로 정의하면 수송문제의 수학적 모형은 다음과 같다.(이상범 · 류춘호, 2007)

최소화(Minimize) $TC = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} C_{ij}X_{ij}$ (2-1)

제약조건(Subject to): $\sum_{j=1}^{n} X_{ij} = S_i, \quad i = 1,2,\cdots\cdots, m$ (2-2)

$$\sum_{i=1}^{m} X_{ij} = D_j, \quad j = 1,2,\cdots\cdots, n \quad (2\text{-}3)$$

$$X_{ij} \geq 0, \quad i = 1,2,\cdots\cdots, m \quad (2\text{-}4)$$

$$j = 1, 2, \cdots\cdots, n$$

이 모형에서 첫 번째 제약식(2-2)은 공급에 관한 제약식으로서 공장 i로부터의 총 수송량은 공급량 s_i가 되어야 함을 나타내고, 두 번째 제약식(2-3)은 수요에 관한 제약식으로 창고 j로의 총수송량은 수요량 d_j가 되어야 함을 나타낸다. 결정변수의

비음수조건식(2-4)은 수송량이 음수값을 가질 수 없음을 나타낸다. 이와 같은 조건하에서 수송모형의 목적함수(2-1)는 총 수송비용 TC를 최소화하는 것이다.

3) 휴리스틱 모형(Heuristic Model)

휴리스틱 모형은 만족할 만한 해를 구하는데 있어 대안을 평가하는 노력을 절감하기 위해 평가대상대안을 본격적인 평가를 시작하기 전에 현저히 감소시키는 단계적 분석기법을 이용하는 것이 특징이다. 이 기법은 최적해 보다는 합리적인 해를 얻는 것이 더 중요시 되는 경우에 이용된다. 이 기법에서 일반적으로 사용하는 주요한 개념은 다음과 같다(Khumawala and Waybark, 1971).

① 논리적으로 최적해가 될 수 없다고 생각되는 것을 즉시 제거한다. ② 분석의 초기단계에서는 영향을 미치는 모든 비용을 고려하는 것보다 가장 중요한 비용요소만 포함시킨다. ③ 고려대상을 될수록 적은 소 집합으로 나누어 평가함으로써 비생산적 대안평가노력을 절감한다.

이 기법의 사용 시 주의해야 할 점은 최적해가 될 수 없다고 생각하여 제거한 대안 중에 우연히도 가장 좋은 대안이 끼어 들어갈 가능성이 있다는 점이다. 이러한 단점에도 불구하고 이 접근법은 다품종제품, 고정비 및 변동 저장비, 저장소 규모, 공장모형, 주문처리 시간, 실제 운송 시간 등이 결정변수로 쓰이고 있어 매우 현실에 가까운 합리적인 의사결정기법으로 이용되고 있다(송경일, 2004).

4) 시뮬레이션 모형(Simulation Model)

시뮬레이션 모형은 고려대상 위치를 취사선택하지 않고 모두 평가대상으로 삼는데 있다. 따라서 비생산적인 대안이라 하더라도 모두 평가하는 노력이 드는 대신 최적해에 대한 접근의 기대가 크다(Richard B. and Aquilano J., 1985; Maurice, 1971).

한편 방대한 대안평가의 필요성을 상대적으로 감소시키기 위해서 시뮬레이션을 이용한 입지후보지들의 평가를 전체적으로 시행하기 전에 운송비와 저장소만을 토대로 예비분석을 시도하고 여기서 일차적으로 고려대상 대안의 양을 줄이는 등 다양한 기법이 개발되고 있다. 이 예비분석에서는 선형계획법과 같은 분석모형을 이용하여 시뮬레이션을 효율화하고 있다. 이 시뮬레이션 기법은 많은 비용과 시간, 노력이 필요하다. 복잡하고 다양한 시스템의 활동을 설계하고 여러 대안을 평가하는데 가장 현실적 요구를 가장 적은 제약으로 해결할 수 있는데 그 특징이 있고 사회적 여건변화가 매우 심하기 때문에 최적해를 구할 수 없어도 현실적인 해 또는 만족할 만한 해를 얻는 것이 큰 장점이다(Khumawala and Waybark, 1971).

Ⅲ. 복수시설의 입지결정 모형의 제안

1. 모형의 기본가정

새로운 시설 입지결정모형을 적용하기 위해 본 연구에서 다음과 같이 가정하였다. ① 공급처와 수요처간의 수송비는 이동하는 거리와 부하의 선형함수로 본다. ② 두 지점과의 거리는 그리드상의 직선거리, 즉 유클리드거리를 산출하여 사용한다. ③ 공급처에서 수요처로 운송하는 負荷는 인구, 산업별

GDP를 사용한다.

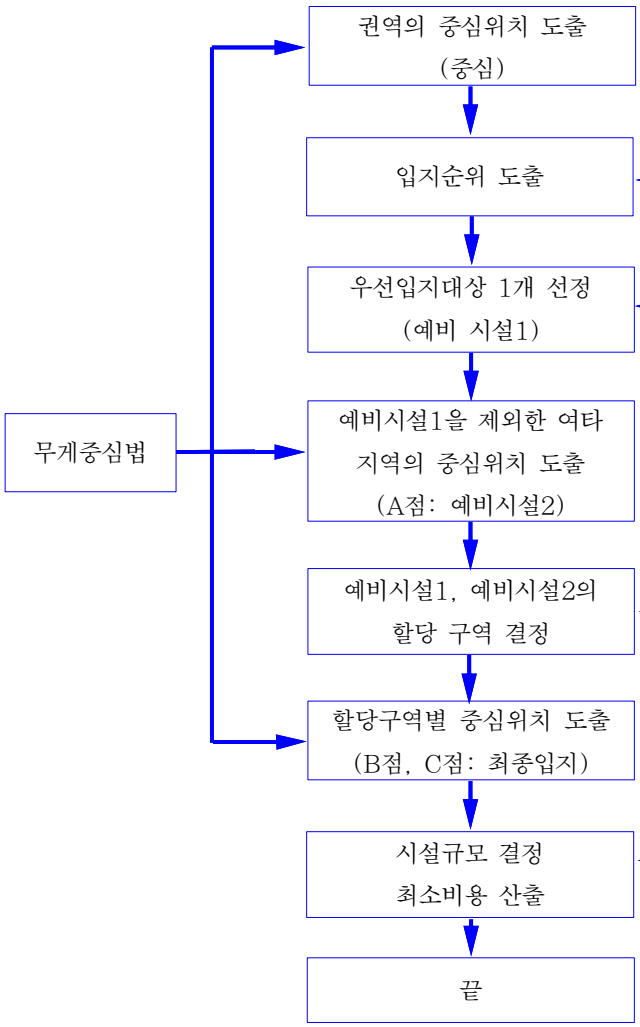
2. 수정무게중심법

무게중심법은 분산되어 있는 다수의 수요처(destination)를 커버하는 단일의 공급처(source)를 수요처가 아닌 제3의 지역을 찾는 것이다. 본 연구는 다수의 수요처도 하나의 공급처가 될 수 있다는 가정을 한다. n개의 전체수요처의 무게중심과 수요처 중 한 개를 제외한 (n-1)개 수요처의 무게중심의 차이가 클수록 제외된 수요처가 우선 입지대상이라 할 수 있다. 본 연구에서는 편의상 이를 수정무게중심법이라 칭한다.

3. 모형의 구조 및 해법절차

본 연구에서 사용된 용어를 다음과 같이 정리한다.

〈그림 1〉 모형의 구조



- 그리드 지수: grid 판에서 각도시의 위치를 나타나는 x, y 좌표
- 그리드 거리: 두 지점간의 직선거리, 즉 유클리드거리
- 무게중심점: 해당지역의 질량중심
- 부하: 공급처에서 수요처로 이동하는 량
- 예비입지시설1: 첫 번째 입지하는 시설물
- 예비입지시설2: 두 번째 입지하는 시설물

본 연구에서 제안한 새로운 복수시설물 입지모형의 구조는 〈그림 1〉과 같다.

새로운 복수시설물 입지선정모형을 적용해서 입지선정 절차는 다음과 같다.

단계1: 권역의 중심위치도출(중심점)

단계2: 우선입지 대상지 1개 선정(예비시설 1)

단계3: 우선입지 대상지 1개를 제외한 여타 지역들의 중심위치 도출(A점: 예비시설2)

단계4: 예비시설1, 예비시설2의 할당구역 도출

단계5: 할당 구역별 중심위치 도출(B점, C점), B점과 C점이 최종 입지

단계6: 시설규모 결정, 최소비용 산출

Ⅳ. 새로운 복수시설물 입지모형의 적용

1. 자료 수집 및 정리

1) 산동성 주요도시의 인구

산동성은 17개 시로 구성되었다. 각 시의 인구수와 비율은 다음 〈표 1〉에서 나타난 바와 같다. Linyi시 인구수가 1022.73만 명이고, 산동성 인구의 11.02%의 비율을 차지고 있다.

〈표 1〉 중국 지역별 인구수 및 순위

도시	인구수	비율	도시	인구수	비율
Jinan	603.35	6.50	Weihai	249.83	2.69
Qingdao	749.38	8.07	Rizhao	282.4	3.04
Zibo	418.13	4.50	Laiwu	124.86	1.35
Zaozhuang	371.97	4.01	Linyi	1022.73	11.02
Dongying	181.82	1.96	Dezhou	557.85	6.01
Yantai	649.98	7.00	Liaocheng	572.82	6.17
Weifang	855.29	9.21	Binzhou	373.16	4.02
Jining	811.83	8.75	Heze	905.2	9.75
Tai'an	551.74	5.94			

출처: 산동성통계국, 산동성통계연감2007에 의해 작성.

2) 산동성 주요도시의 경위도 및 그리드 좌표

산동성 17개 도시의 면적이 넓어 각 도시의 행정중심의 경위도로 각 도시의 위치를 대표하기로 한다. 산동성 17개 도시의 경위도 좌표는 다음 표와 같이 표시할 수 있다.

Heze시는 경도가 115.43으로 산동성의 최서단에 위치하고 있다. Zaozhuang시는 위도가 34.86으로 산동성의 최남단에 위치한다.

산동성 17개 도시의 그리드좌표는 y축이 경도 E=115.43, x축이 위도 N=34.86을 기준으로 하여 각 주요도시의 그리드좌표를 도출하였다.

2. 지역별 복수시설 입지결정

본 연구에서 제시한 복수시설물 결정모형을 적용해서 산동성을 대상으로 복수시설물의 입지는 다음 절차를 거쳐 결정된다.

〈표 2〉 산동성 주요도시의 경위도 및 그리드좌표

도시	경위도		그리드 좌표	
	E	N	x	y
Jinan	117.00	36.65	157	179
Qingdao	120.33	36.07	490	121
Zibo	118.05	36.78	262	192
Zaozhuang	117.57	34.86	214	0
Dongying	118.49	37.46	306	260
Yantai	121.39	37.52	596	266
Weifang	119.10	36.62	367	176
Jining	116.59	35.38	116	52
Tai'an	117.13	36.18	170	132
Weihai	122.10	37.50	667	264
Rizhao	119.46	35.42	403	56
Laiwu	117.67	36.19	224	133
Linyi	118.35	35.05	292	19
Dezhou	116.29	37.45	86	259
Liaocheng	115.97	36.45	54	159
Binzhou	118.03	37.36	260	250
Heze	115.43	35.24	0	38

출처: 中華網科學博覽, 中國主要都市經緯度表에 의해 재구성.

① 무게중심모형 식(1-2)에 의해 산동성 17개 도시의 무게중심 X=256.29, Y=134.21을 구하였으며, 〈그림 2〉에서 A로 표시한다.

② 도시 한 곳을 차례로 제외한 16개 지역의 무게중심은 〈표 3〉에서 X_1, Y_1로 나타내고 산동성의 무게중심과 16개 지역의 무게중심의 차이($\triangle X^2 + \triangle Y^2$)는 Heze, Yantai, Qingdao, Jining, Linyi 순으로 나타냈다.

③ 우선 입지대상은 Heze이며 예비시설1의 입지로 선정된다.

④ 입지시설1이 입지하는 Heze를 제외할 경우 여태 16개 도시의 무게중심은 B점이며

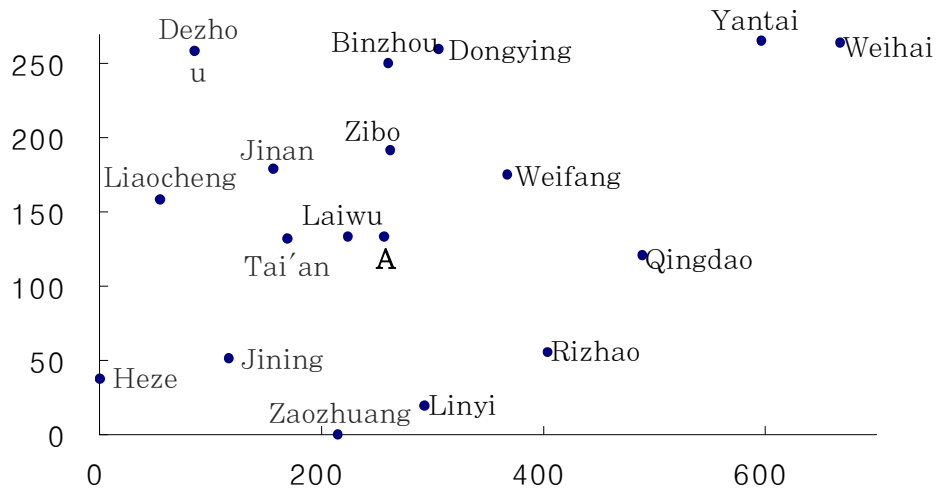
이곳에 예비시설2가 입지한다.

⑤ 예비시설1, 예비시설2를 유통창고로 하고 17개 지역을 소비자로 하는 수송계획법을 적용하여 예비시설1과 예비시설2의 할당구역을 각각 구한 결과는 Jining, Liaocheng Heze구역과 Jinan, Qingdao, Zibo, Zaozhuang, Dongying, Yantai, Weifang, Tai'an, Weihai, Rizhao, Laiwu, Linyi, Dezhou, Binzhou구역으로 나타냈다.

⑥ Jining, Liaocheng Heze 구역의 무게중심 C와 Jinan, Qingdao, Zibo, Zaozhuang, Dongying, Yantai, Weifang, Tai'an, Weihai, Rizhao, Laiwu, Linyi, Dezhou, Binzhou 구역의 무게중심 D를 각각 구하였다.

⑦ 예비시설1과 예비시설2가 각각 C, D에 입지할 때 수송계획법을 적용해서 입지시설별의 규모와 할당량, 그리고 최소 수송거리를 구해했다. 〈표 4〉에서 나타난 바와 같이 2차 결과에서 최소 수송거리가 많이 감축되었다. 산동성에서 인구만을 고려할 때 2개의 시설의 최적입지가 C와 D점이다.

〈그림 2〉 산동성 주요 도시의 그리드도



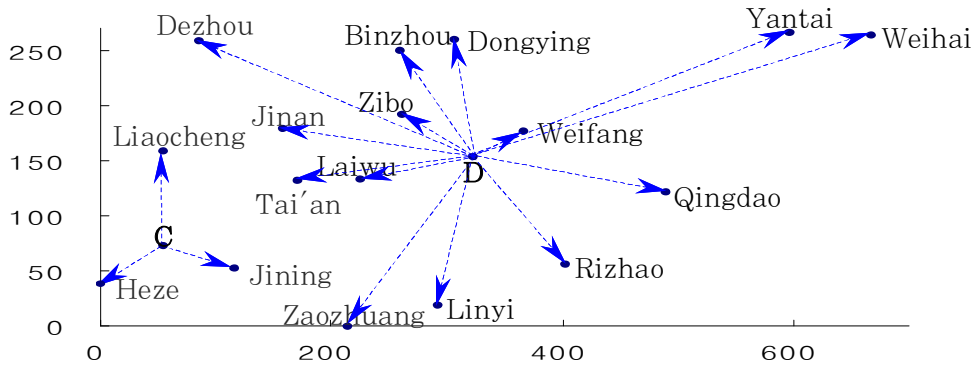
〈표 3〉 산동성 입지순위

도시	x	y	인구	X_1	Y_1	차이 ($\triangle X^2 + \triangle Y^2$)	입지 순위
Jinan	157	179	603	263.19	131.09	57.34	10
Qingdao	490	121	749	235.76	135.37	422.63	3
Zibo	262	192	418	256.02	131.48	7.50	15
Zaozhuang	214	0	372	258.05	139.81	34.51	11
Dongying	306	260	182	255.29	131.69	7.30	16
Yantai	596	266	650	230.71	124.28	752.76	2
Weifang	367	176	855	245.05	129.97	144.26	8
Jining	116	52	812	269.73	142.09	242.85	4
Tai'an	170	132	552	261.74	134.35	29.75	12
Weihai	667	264	250	244.93	130.62	141.94	9
Rizhao	403	56	282	251.68	136.66	27.21	13
Laiwu	224	133	125	256.73	134.22	0.19	17
Linyi	292	19	1023	251.86	148.47	223.05	5
Dezhou	86	259	558	267.17	126.23	182.22	6
Liaocheng	54	159	573	269.59	132.58	179.66	7
Binzhou	260	250	373	256.13	129.36	23.55	14
Heze	0	38	905	283.98	144.60	874.99	1

주: x, y: 도시의 그리드좌표, X_1, Y_1: 1 개 도시를 제외한 무게중심,
$\triangle X^2 + \triangle Y^2 = (X - X_1)^2 + (Y - Y_1)^2$

C점에서 JJining, Liaocheng Heze로 각각 812, 573, 905를 수송하고, D점에서 Jinan, Qingdao, Zibo, Zaozhuang, Dongying, Yantai, Weifang, Tai'an, Weihai, Rizhao, Laiwu, Linyi, Dezhou, Binzhou으로 각각 603, 749, 418, 372, 182, 650, 855, 552, 250, 282, 125, 1023, 558, 373을 수송한다. 최소 수송거리는 1,297,089이다. C와 D의 시설규모가 각각 2290와 6992이다. C점의 그리드 지수는 (54.63, 73.23)이고 D점의 그리드 지수는 (322.32, 154.17)이다. C점의 경위도가 (115.98, 35.53)이이며 Yuncheng에 위치한다. D점의 경위도가 (118.65, 36.34)이며, Linqu에 위치한다.

〈그림 3〉 산동성 복수시설입지결정 결과



〈표 4〉 산동성 복수시설입지결정 결과

도시	수요량	1차결과			2차결과		
		Heze	B	최소 수송거리	C	D	최소 수송거리
Jinan	603		603			603	
Qingdao	749		749			749	
Zibo	418		418			418	
Zaozhuang	372		372			372	
Dongying	182		182			182	
Yantai	650		650			650	
Weifang	855		855			855	
Jining	812	812			812		
Tai′an	552		552	1,312,674		552	1,297,089
Weihai	250		250			250	
Rizhao	282		282			282	
Laiwu	125		125			125	
Linyi	1023		1023			1023	
Dezhou	558		558			558	
Liaocheng	573	573			573		
Binzhou	373		373			373	
Heze	905	905			905		

B: Heze도기를 제외한 여타 16개 도시의 무게중심,
C: Jining, Liaocheng, Heze 3도시의 무게중심,
D: Jining, Liaocheng, Heze 3도시를 제외한 여타 14개 도시의 무게중심.

V. 결 론

본 연구의 핵심과제는 복수시설입지결정모형을 새롭게 제안하는 것이다. 즉 기존의 단일 시설입지결정모형인 무게중심법과 수송계획법에 본 연구에서 제안한 수정무게중심법을 결합하여 새로운 복수시설의 입지결정모형을 제시하였다.

본 연구에서 제안한 새로운 복수시설 입

지모형을 적용하여 산동성에서 복수시설의 입지, 시설의 규모, 지역별 할당량, 수송거리를 산출하였다.

본 연구에서 제시한 새로운 복수시설입지 선정모형은 두 개 이상의 시설물 입지선정 문제에 활용할 수 있고 생산 및 서비스 시설, 유통 및 물류 시설 입지, 방송 및 통신위성의 위치, 무선 통신탑의 입지 등에 활용할 수 있다.

본 연구에서 사용된 그리드좌표는 도시의 경위도좌표를 이용해서 도출하였다. 후계의 연구에서 각 지역의 평면직각좌표로 그리드좌표를 도출하여 분석할 필요가 있다.

참고문헌

이상범 · 류춘호(2007), 생산운영관리, 서울, 명경사.

김은정, 강동한, 이경식, 박성수(2003), "용량 제약이 있는 이계층 설비 입지선정 문제의 최적화 해법," 한국경영과학회 2003년 춘계학술대회 논문집, pp.138-145.

고현정, 고창성, 정기호(2004), "역물류를 고려한 통합 물류망 구축에 대한 모델 및 해법에 관한 연구," 한국경영과학회 2004년 추계학술대회논문집, pp.375-388.

박대석(2000), "서비스 시설의 통폐합을 위한 입지결정모형-전라남도 교육청을 중심으로-," 기업경영연구, 제4집, pp.97-106.

서창적·이화진(2001), "확률적 수요를 가지는 두 단계 수송시스템의 설비입지에 관한 연구," 한국생산관리학회지, Vol. 12, No. 1, pp.25-62.

이상진(1998), "수요가 불확실한 경우의 장소입지 결정모형 연구," 경영과학, 제15권, 제1호, pp.33-47.

송성헌·구자용(1995), "물류네트워크 설계를 위한 실용적 접근방법," 과학기술연구 논문집, Vol.6, pp.881-898.

송경일(2004), "AHP기법을 이용한 공항 입지선정 연구," 울산대학교 산업대학원, 석사학위논문.

김주용, 김기범, 정봉주(2004), "재사용, 재활용, 재생산을 고려한 회수물류네트워크 모델," 대한산업공학회 제8회 사이버학술대회 논문집.

Ahmed S., Santoso T., Goetschalckx M., and Shapiro, A.(2003), "A Stochastic Programming Approach for Supply Chain Network Design under Uncertainty," *European Journal of Operational Research*, pp.1-26.

Beamon, B. and Clara, F.(2003), "Supply Chain Network Configuration for Product Recovery", *Production Planning and Control*, Vol.15, No.3, pp.270-281.

Cheong M. L. F, Bhatnagar R., and Grave S. C.(2005), "Logistics Network Design with Differentiated Delivery Lead-Time: Benefits and Insights," *2005 SMA Conference*, Singapore.

Geoffrion, A. M. and Graves, G. W.(1974), "Multi-commodity Distribution System Design by Benders Decomposition", *Management Science*, Vol. 20, No. 5, pp.822-844.

Khumawala B. M. and Waybark D. C.(1971), A "Comparison of Some Recent Warehouse Location Techniques," *The Logistics Review*, Vol.1, pp.216-236.

Kouvelis P. and Rosenblatt Meir J.(2001), "A Mathematical Programming Model to Global Supply Chain Management: Conceptual Approach and Managerial Insights," Washington University.

Maurice F.(1971), "New Factors in Plant Location," *Harvard Business Review*, pp.4-17.

Min H. and Guo Z.(2004), "The location of hub-seaports in the global supply chain network using a cooperative competition strategy," *International Journal of Integrated Supply Management*, Vol.1, No.1, pp.51-63.

Ravi R. and Sinha Amitabh(2006), "Approximation Algorithms for Problems Combining Facility Location and Network Design," *Operations Research*, pp.73-81.

Snyder L. V., Daskin M. S., and Teo C. P.(2004), "The stochastic location model with risk pooling," Working Paper, Northwestern University, Evanston, Illinois.

Richard B. Chase and Aquilano J. Nichloas(1985), Production and Operations Management, 4th edition, Irwin, Homewood.

中國國家發展和改革委員會, "2006年全局物流運行情況通報", 2007.3.15.

中國國家發展和改革委員會, "2007年全局物流運行情況通報", 2008.3.19.

中華網科學博覽, 中國主要都市經緯度表, http://tech.china.com/zh_cn/science/universe/solar/002.html

Abstract

A Study on Multi-Facilities Location Decision Model in Perspective of SCM

Park, Dae-Seok* · Zhang Tao**

Joining the WTO in 2001, China became a number of the global economic system. China succeeded in vying to host Beijing 2008 Olympic Games and World Expo 2010 Shanghai. It is China's honor and opportunity to have high economic growth in the coming future.

In 2007, the total cost of public logistics decreased by 18.2% than 2006 to 4540.6 billion RMB, accounting for 18.4% of the GDP.

So, China logistics is a huge industry and a growing market full of charm.

The statistic ratios of China's logistics and growth trends show us it is an important issue to build and run an effective logistics system. However, research on China's logistics systems and supply chain is lacked.

This study is focus on the logistic location strategy in China including the study of factories and warehouses geographic strategy concerned with SCM.

The core of this study is to propose a New Multi-Facilities Location Decision Model. This study banded the revised gravity center, the standard single facility location decision model(Gravity Center Model) and the transportation model into a new Multi-Facilities Location Decision Model.

In addition, this study suggested the gravity center of population, the gravity center of each industry, the location decision graded-list of each industry of china using the gravity center model and the revised gravity center model.

The new Multi-Facilities Location Decision Model proposed in this study can be used to solve the location decision problem of more than two facilities. And it can be used in the fields such as the location decision of production facility and service facility, the location of distribution and logistics, the location of broadcast and satellite communications, the location of wireless communication tower and so on.

Keywords: SCM, Location Decision

* Professor, Dept. of Business Administration. Mokpo National University
** Graduate School of Mokpo National University