

물류센터 경유를 고려한 화물운송 경로 모형 개발

조민지* · † 김환성

* 한국해양대학교 대학원, † 한국해양대학교 물류시스템공학과 교수

Development of Freight Transport Route Model by Considering Logistics Center

Min-Ji Jo* · † Hwan-Seong Kim

* Graduate school of Korea maritime and ocean university, Busan, Korea

† Department of logistics system, Korea maritime and ocean university, Busan, Korea

요 약 : 국내의 화물 운송량은 꾸준히 증가하고 있으며 이에 따라 내륙지역의 화물운송량 예측에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 하지만 종래의 기종점 자료(O/D Data)는 화물 운송수단의 출발지와 목적지를 조사하여 구축하였으며 이는 화물의 운송 특성을 제대로 반영시키지 못하는 문제점을 지니고 있다. 화물의 운송은 단순히 출발지에서 목적지로 화물을 운반하는 것이 아니라 화물운송 도중에 운송수단을 변경하거나 화물의 임시 보관이 필요한 경우가 발생하므로 화물운송모형에서는 중간 경유지(물류센터 또는 내륙컨테이너기지)를 포함시켜야 된다. 본 논문에서는 이러한 중간 경유지를 고려한 기종점 자료의 필요성을 인식하였고 물류센터를 고려한 화물운송 경로에 대한 모형을 제시하고자 한다. 본 연구가 제시하는 화물운송 경로모형은 각 구간별 운송계수를 설정하고 이에 따라 화물량을 예측하는 모형으로서 유전 알고리즘을 이용하여 모형을 검증하였고 오차의 범위가 ±1.0% 이내로써 모형은 타당한 것으로 판단된다.

핵심용어 : 물류센터, 화물운송경로모형, 기종점 분석, 유전알고리즘, 화물수요

Abstract : Inland transport becomes more and more important in connecting ports with inland. Therefore, studying on cargo flow from ports to regions has been active in progress by many researchers. However current statistical data of freight flow from origin locations to destination locations does not reflect the exact characteristics of freight flow. Also, they also do not reflect the characteristics of multimodal transport system in which cargos go through intermediate locations such as logistics center or inland container depot. In growing up the emergent need of rebuilding statistical data for freight flow from origin locations to destination locations, this paper will propose a freight flow model with logistics center and it will be verified by genetic algorithm through the simulation scenarios.

Key words : logistics center, freight transport model, origin-destination analysis, genetic algorithm, cargo demand

1. 서론

국내에서 운송되는 화물의 양은 매년 2.3%의 성장률을 보이며 꾸준히 증가하고 있으며, 화물 운송특성에서 살펴보면 70% 이상의 화물이 트럭에 의해 운송되고 있다. 실제 2011년 운송된 화물 자료를 살펴보면 철도가 40,012천톤으로 2.49%, 항공이 281천톤으로 0.02%, 연안해운이 125,588천톤으로 7.82%를 차지하였고 트럭운송이 1,439,703천톤으로 89.67%를 차지하였다. 이렇듯 국내 화물운송업에서 공로운송이 중요한 역할을 하고 있으며 공로 운송에 대한 다양한 연구가 필요하며 화물 운송량의 정확한 예측이 요구되고 있다.

화물 운송량을 예측하는 데에 있어 현재로서는 교통 분야에서 쓰이는 교통수요 분석방법을 주로 이용되고 있다(Yun, 2001). 그러나 화물 운송량은 일반적인 교통량 흐름과 다른 특성을 보인다. 화물의 이동은 단순히 출발지와 목적지를 이동

하는 것이 아니라 물류센터 또는 내륙컨테이너기지(ICD) 같은 중간경유지에서 화물의 운송수단을 변경시키거나 시장의 수요에 따라 잠시 화물을 보관하는 경우가 발생하기 때문이다. 따라서 기존의 교통 분석 방법을 적용할 경우 화물 운송량의 특성을 제대로 반영하지 못하는 문제점이 발생한다.(Shin. et al. 2012).

또한 화물 운송량을 예측하기 위해서는 각 지역 간의 화물 기종점 자료(O/D 자료)가 필요하며, 국내에서는 O/D자료 구축에 크게 두 가지 방법이 이용된다. 첫 번째는 항만에서 처리되는 수출입화물의 목적지와 출발지를 조사하여 O/D데이터로 구축하는 방법이다. 두 번째는 일정한 지점에 화물 트럭의 출발지와 목적지를 조사하여 O/D데이터를 구축하는 방법이다. 그러나 두 가지 방법 모두 문제점을 갖고 있다. 첫 번째는 화물이 물류센터를 경유하는지 안하는지 전혀 파악할 수 없고 두 번째는 구간별 이송되는 화물량은 알 수 있지만 화물의 전

* 연회원, mij624@kmou.ac.kr 051)410-4914

† Corresponding author : 종신회원, kimhs@kmou.ac.kr 051)410-4334

체 이동 경로를 파악할 수 없다.

이러한 문제점을 보완하기 위하여 최근 화물 수요 분석에 대한 연구들이 활발하게 진행되고 있다. Cho(2006)의 연구에서는 항만의 수출입화물에 대하여 수출입화물의 기종점에 관한 연구모형을 제시하여 기종점 화물의 분석을 토대로 광양항의 항만경쟁력 강화를 위한 시사점 및 전략적 방안을 제시하였다.

Go(2010)의 연구에서는 현재 화물 수요 분석 자료는 환적 시설이나 물류시설에서 발생하는 물동량을 각 존의 물동량에 포함시킴으로써 화물의 이동 및 전환관계, 혹은 산업 간의 연관관계반영을 어려운 점을 지적하였다. 이러한 특성을 고려하여 운송시간, 운송수단, 운송비용, 운송량, 운송횟수, 운송거리 등을 반영한 화물유통경로선택모형을 제시하였다.

또한, Shin et al.(2012)의 논문에서는 기존의 화물수요추정 기법에 대한 문제점을 제시하고 국내외 학술대회 발표논문, 학술지 게재논문 및 연구보고서 등을 바탕으로 국내 화물수요 추정방법의 문제점, 국내외 사례 및 최근 연구동향을 조사·분석하여 시사점을 도출하고 화물수요 추정방법 개선을 위한 방향을 제시하였다.

한편으로, Kim et al.(2013)에서는 기존의 O/D 자료를 기반으로 한 화물수요추정법의 문제점을 구체적으로 제시하고 이를 보완하기 위한 국내의 수출입 컨테이너 화물을 대상으로 수단선택과 노선선택을 통합하는 복합수단선택모형을 제시하였다.

기존 문헌들을 검토한 결과 화물수요 분석에 대한 문제점 도출 및 개선방안들을 구체적으로 제시하고 있지만 O/D 자료의 문제점 및 개선방안에 대한 연구가 부족하였다. 특히 물류센터를 경유하는 운송특성에 반영하는 연구는 미흡하였다.

본 논문에서는 화물수요분석에 관한 기존 문헌을 통해 기종점 자료에 대한 문제점을 파악하고 물류센터를 고려한 화물운송 경로의 필요성을 인식하였다. 그래서 항만과 국내 지역 간의 운송되는 수입 컨테이너 화물을 대상으로 물류센터를 경유하는 화물운송경로 모형을 제시하고 GA기법을 이용하여 모형을 검증하고자 한다.

2. 모형 설정

여객 운송과는 다르게 화물 수송은 출발지에서 목적지로 직접 운송되는 경우와 물류센터 또는 내륙컨테이너기지(ICD)¹⁾를 경유하는 경우로 구분할 수 있다.

그러나 기존의 화물 O/D 데이터에서는 출발지와 목적지에 대한 자료만 구축되어 있을 뿐 물류센터 또는 내륙컨테이너기지에 대한 내용은 찾을 수 없다. 즉 화물을 운반하는 수송수단(트럭, 기차)의 출발지와 목적지만 조사하여 통계자료를 구축하였기 때문에 전체 화물의 흐름(네트워크)을 알 수 없는 문

제점을 갖고 있다. 따라서 본 연구에서는 이와 같은 O/D 자료의 문제점을 보완하고자 화물운송경로 모형을 제시하고자 한다.

화물은 크게 수입화물과 수출화물로 구분하며 수입 화물은 항만에서 수입되는 화물을 각 지역으로 분배하는 운송형태이며 수출화물은 각 지역에서 항만으로 집결되는 형태를 갖는다. 본 논문에서는 수입화물과 수출화물의 운송형태를 목적지와 출발지 형태만 다를 뿐 유사한 화물운송 형태를 보이고 있다고 가정하였다. 즉 수입화물의 출발지는 항만이 되며 목적지는 도착지역이 되고 반대로 수출화물의 출발지는 각 지역이며 목적지는 항만이 되고 나머지 조건은 모두 동일하다고 가정하였다.

따라서 본 연구에서는 출발지를 항만, 목적지를 지역으로 설정하는 수입화물을 대상으로 모형을 제시하고자 하며, 수입 화물 운송형태는 항만에서 각 지역까지 직접 운송되는 경우와 항만에서 물류센터, 물류센터에서 각 지역으로 운송되는 경우로 구분하여 모형을 검토하고자 한다.

2.1 물류센터를 경유하는 경우

항만에서 물류센터를 경유하여 각 지역으로 운송되는 화물 운송 모델은 Fig. 1과 같이 제시하며 기호는 다음과 같이 정의한다.

P_i^c : 물류센터를 경유하는 i 항만의 수입물동량

C_k : k 물류센터에서 처리되는 수입물동량

D_j^c : 물류센터를 경유하여 j 지역에 도착하는 수입 물동량

α_{ik} : i 항만에서 k 물류센터까지 운송계수

β_{kj} : k 물류센터에서 j 지역까지 운송계수

여기서 n 는 항만의 개수, l 은 물류센터 개수 및 m 은 목적지 수를 나타낸다.

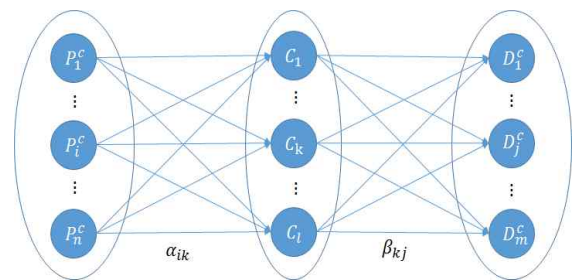


Fig. 1 Transport from the port through distribution center and then to other regions

항만 i 로부터 물류센터 k 에 입고되는 수입물동량은 수식 (1)과 같고 첫 번째 물류센터에서 l 번째 물류센터에 입고되는 물동량의 총 합은 수식 (2)와 같이 나타낸다.

1) 여러 내륙운송수단의 연계운송 또는 여러 종류의 화물의 일시적 저장과 취급에 대한 서비스를 제공하는 곳을 칭함

$$C_k = \sum_{i=1}^n \alpha_{ik} \cdot P_i^c \quad (1)$$

$$C = \sum_{k=1}^l C_k \quad (2)$$

목적지 j 에 도착되는 물동량은 수식 (3)과 같고 첫 번째 지역부터 m 지역까지 운송되는 물동량의 총 합은 수식 (4)와 같이 나타낸다.

$$D_j^c = \sum_{k=1}^l \beta_{kj} \cdot C_k \quad (3)$$

$$D^c = \sum_{j=1}^m D_j^c \quad (4)$$

위의 모형을 성립하기 위해서는 몇 가지 가정이 필요하다. 항만으로부터 물류센터까지 운송되는 물동량과 물류센터에서 각 지역으로 운송되는 물동량의 총량은 같아야 한다. 또한 항만에서 k 물류센터에 입고되는 화물과 k 물류센터에서 각 지역으로 출고되는 화물의 총량은 같아야 한다.

2.2 목적지까지 바로 운송되는 경우

물류센터를 경유하지 않고 항만에서 각 지역으로 직접 운송되는 화물운송모델은 Fig. 2와 같고 기호는 다음과 같이 정의한다.

P_i^d : 물류센터를 경유하지 않고 i 항만에서 반출되는 수입물량

D_j^d : 물류센터를 경유하지 않고 j 지역에 반입되는 수입물량

γ_{ij} : i 항만에서 j 지역까지 운송계수

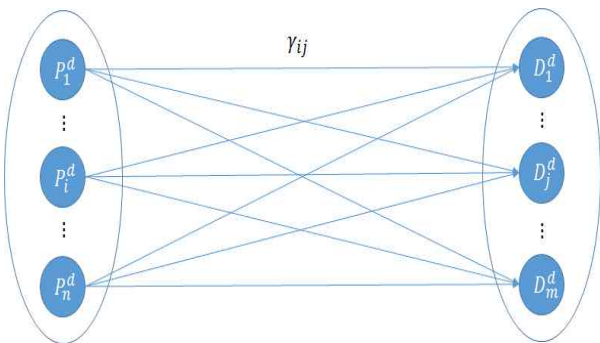


Fig. 2 Transport directly from the port to other regions

목적지 j 에 도착되는 수입 물동량은 수식 (5)와 같고 첫 번째 지역에서 m 지역까지 물류센터를 거치지 않고 직접 운송되는 물동량의 총 합은 수식 (6)과 같이 나타낸다.

$$D_j^d = \sum_{i=1}^n \gamma_{ij} \cdot P_i^d \quad (5)$$

$$D^d = \sum_{j=1}^m D_j^d \quad (6)$$

위의 모형에서는 물류센터를 경유하지 않은 항만의 수입물동량은 각 지역으로 직접 운송되는 물동량의 총 합과 같아야만 한다.

2.3 화물운송 경로 모형

앞 절에서는 수입물동량의 운송형태를 물류센터를 경유하는 경우와 직접 운송되는 경우로 구분하여 모델을 제시하였고 본 절에서는 이 두 경우를 통합하는 모형을 제시하고자 한다. 모델을 제시하기 위하여 다음과 같은 기호를 정의한다.

P_i : i 항만에 도착하는 총 수입 물동량

D_j : j 지역까지 운송되는 총 수입 물동량

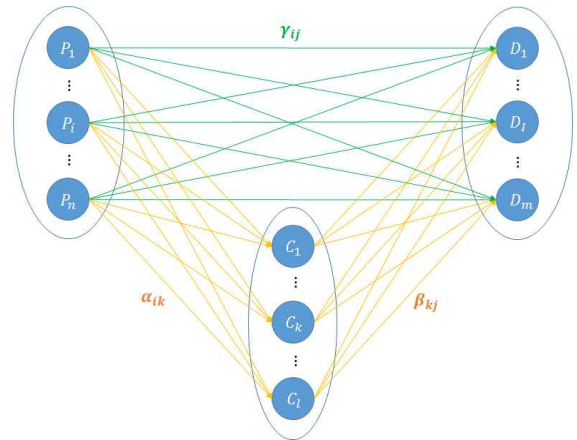


Fig.3 General model of freight transport considering logistics center

위의 모형에서 항만 i 으로 부터 목적지 j 까지 운송되는 수입 물동량은 수식 (7)과 같고 목적지 j 에 도착되는 총 수입 물동량은 수식(8)과 같다.

$$D_{ij} = (\alpha_{ik} \times P_i^c) + (\beta_{kj} \times C_k) + (\gamma_{ij} \times P_{ij}^d) \quad (7)$$

$$D_j = \left(\sum_{i=1}^n \alpha_{ik} \cdot P_i^c \right) + \left(\sum_{k=1}^l \beta_{kj} \cdot C_k \right) + \left(\sum_{i=1}^n \gamma_{ij} \cdot P_i^d \right) \quad (8)$$

항만에서 물류센터를 경유하거나 직접 운송되어 각 지역으로 도착하는 총 물동량은 수식 (9)와 같이 표현한다.

$$D = \sum_{j=1}^m (D_j^c + D_j^d) \quad (9)$$

본 모형을 위해서 몇 가지 가정을 행하기로 한다. 먼저 i 항만의 수입물동량은 i 항만에서 물류센터를 경유하는 물량과 직접 운송되는 물량의 합과 같아야 한다. 둘째, 항만에서 물류센

터에서 입고되는 물동량과 물류센터에서 각 지역으로 출고되는 물동량의 합은 같아야 한다. 셋째, 항만에서 출발하는 물동량과 지역에 도착하는 물동량의 총 합은 같아야 한다. 위의 가정은 다음과 같이 수식으로 표현할 수 있다.

$$P = P^c + P^d \tag{10}$$

$$D = D^c + D^d \tag{11}$$

$$\sum_{i=1}^n P_i^c = \sum_{j=1}^m D_j^c \tag{12}$$

3. 모형 검증 방법

모델의 타당성을 증명하기 위해서는 시뮬레이션 결과 값이 실제 운송되는 화물량과의 차이가 작아야 됨을 증명해야 된다. 즉 시뮬레이션 입력 값과 시뮬레이션의 결과 값의 오차가 작아야 됨을 보여야 하며 이 때 오차를 최소로 하는 운송계수를 도출해야 한다. 따라서 수식 (13)과 같은 목적함수를 도출할 수 있다.

$$E = |O_D - T_D| + |O_F - T_F| \tag{13}$$

여기서,

E : target 값과 결과 값의 오차의 합

O_D : 도착지역 시뮬레이션 결과 값

T_D : 도착지역 Target 값

O_F : 중간경유지(F) 시뮬레이션 결과 값

T_F : 중간경유지(F) Target 값

본 연구에서는 모델을 검증하기 위하여 수식 (13)의 목적함수를 토대로 Fig. 4와 같이 시뮬레이션을 행하기로 한다. 시뮬레이션이 시작하게 되면 초기 운송계수가 유전 알고리즘을 통하여 점차 진화하게 되어 최적의 운송계수를 찾게 되면 시뮬레이션을 마치는 형태이다. 이 때 사용되는 알고리즘은 진화알고리즘(evolutionary algorithm)으로써 GA의 RCGA(Real-Coded Genetic Algorithm)기법을 이용하였고 RCGA의 구조는 Fig. 5과 같다. RCGA의 세부구조는 Tran, T. D. & Jin, G. G.(2010)의 연구에서 자세하게 표현되어 있다.

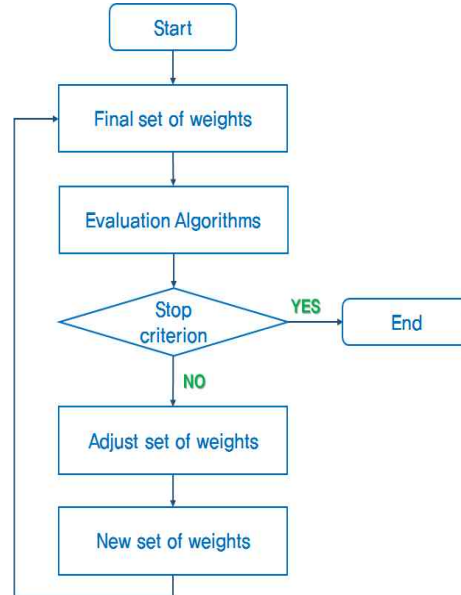


Fig. 4 Flow chart

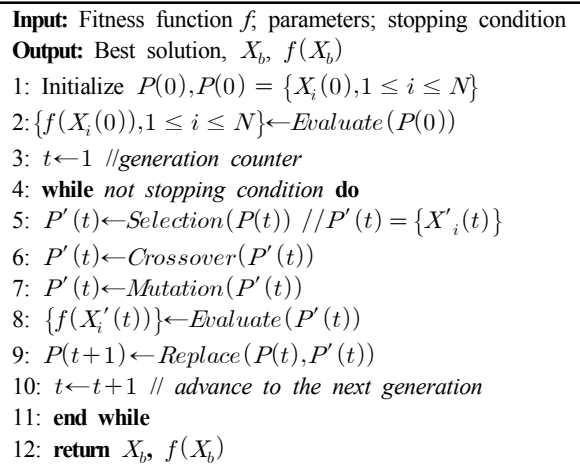


Fig. 5 Structure of the genetic algorithm

4. 시뮬레이션 및 분석

4.1 시뮬레이션 설정

본 논문에서는 Fig. 6과 같이 출발지 2개, 목적지 3개, 경유지 1개로 초기 값을 설정하여 시뮬레이션을 실행하고자 한다.

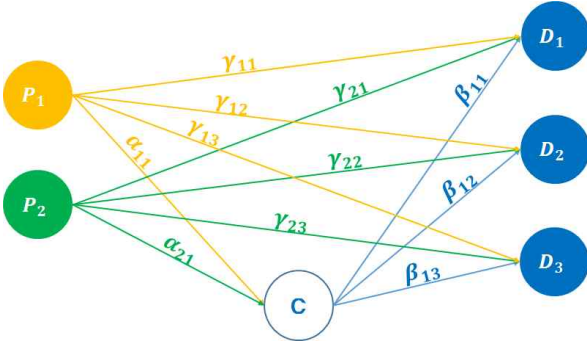


Fig. 6 Example of freight transport model

2절에서 제시한 가정 조건을 반영하기 위하여 몇 가지 제약 조건이 필요하다. 첫 번째, \$P_1, P_2\$ 지역 화물의 총합은 \$D_1, D_2, D_3\$ 지역 화물의 총합과 같아야 한다. 두 번째, \$C\$ 중간 경유지에 입고되는 화물과 출고되는 화물의 총합은 같아야 한다. 이를 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$P_1 + P_2 = D_1 + D_2 + D_3 \quad (14)$$

$$(P_1 \times \alpha_{11}) + (P_2 \times \alpha_{21}) = (C \times \beta_{11}) + (C \times \beta_{12}) + (C \times \beta_{13}) = C \quad (15)$$

위의 수식 (14) 및 (15)를 근거로 수식 (16), (17) 및 (18)의 제약조건들을 도출하였고 이를 시뮬레이션에 반영한다.

$$\alpha_{11} + \gamma_{11} + \gamma_{12} + \gamma_{13} = 1.0 \quad (16)$$

$$\alpha_{21} + \gamma_{21} + \gamma_{22} + \gamma_{23} = 1.0 \quad (17)$$

$$\beta_{11} + \beta_{12} + \beta_{13} = 1.0 \quad (18)$$

위의 식에서 사용된 변수 \$P_1, P_2, D_1, D_2, D_3, C\$ 초기 값은 Table 1과 같다. \$P_1, P_2\$은 항만의 수입 물동량을 의미하며 \$D_1, D_2, D_3\$는 각 지역에 반입되는 수입 물동량 의미하고 \$C\$ 중간 경유지는 물류센터에서 처리되는 물동량을 의미한다.

초기값 형성 방법은 먼저 \$P_1, P_2\$의 첫 번째 값을 100, 200으로 설정한 뒤 P항만의 연간 물동량 증가율(5.28%)을 적용하여 나머지 값을 도출하였다. 11개의 운송계수는 임의로 설정하여 운송계수에 따라 \$D_1, D_2, D_3, C\$ 값을 도출하였다.

Table 1 Intial input data

	1 st	2 nd	3 rd	4 th	5 th	6 th	7 th	8 th	9 th	10 th
\$P_1\$	100	105	111	117	123	129	136	143	151	159
\$P_2\$	200	211	222	233	246	259	272	287	302	318
\$C\$	92	97	102	107	113	119	125	132	139	146
\$D_1\$	82	86	91	96	101	106	112	118	124	130
\$D_2\$	126	133	140	147	155	163	172	181	190	200
\$D_3\$	160	168	177	187	197	207	218	229	242	254

본 연구에서는 총 5회의 시뮬레이션을 실행하였고 시뮬레이션의 결과는 도착지, 운송계수, 중간경유지 값으로 구분하여 검토하였다. 본 논문에서는 쓰이는 SM은 시뮬레이션의 약자로 SM 1은 첫 번째 시뮬레이션, SM 2는 두 번째 시뮬레이션을 의미한다.

4.2 도착지

도착지에서의 시뮬레이션 결과 값과 초기값 사이의 오차율은 Fig 7과 같다. 도착지 결과 값은 \$P_1\$과 \$P_2\$로부터 운송되는 화물의 총량을 의미한다. 시뮬레이션 결과, 전체적으로 $\pm 1.0\%$ 미만의 오차율을 보이고 있으며 SM 3에서는 \$D_1\$지역, \$D_2\$지역, \$D_3\$지역에서 각각 -0.79% , -0.62% , -0.57% 의 가장 높은 오차율을 보이고 있었으며, SM 4에서는 각각 -0.05% , 0.11% , 0.08% 의 가장 낮은 오차율을 보이고 있다.

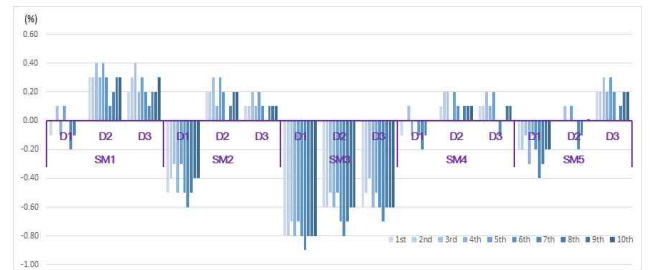


Fig. 7 Error rate between output and target

4.3 중간경유지

5번의 시뮬레이션을 통하여 도출된 \$C\$ 중간 경유지의 결과 값은 모두 일정하게 도출되었다. Fig. 8에서 막대그래프는 \$C\$ 중간 경유지의 시뮬레이션 결과 값을 나타내고 있으며 꺾은 선 그래프는 \$C\$ 중간 경유지의 초기 값과 시뮬레이션 결과 값의 오차비율을 나타내고 있다. 오차비율을 살펴보면 $\pm 0.1\%$ 미만으로 입력 값과의 오차가 거의 없는 것으로 판단된다.

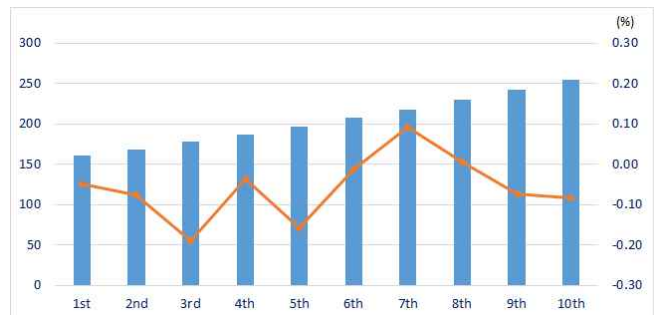


Fig. 8 Results of simulation for Intermediate destination

4.4 운송계수

Fig. 9는 시뮬레이션을 통하여 획득한 11개의 운송계수와 본 연구에서 설정된 운송계수와와의 오차비율을 의미한다. 각각의 시뮬레이션의 오차 비율은 0.08, 0.06, 0.08, 0.04, 0.09로 초기 입력 값과의 차이가 거의 없다고 판단된다. 또한 개별 운송계수 값을 살펴보면 SM 4에서 초기 입력 값과의 차이가 0.1 이상 나는 것이 없었고 가장 작은 값은 0.04를 보이고 있으므로 시뮬레이션 값 중에 가장 신뢰성이 좋다고 판단된다.

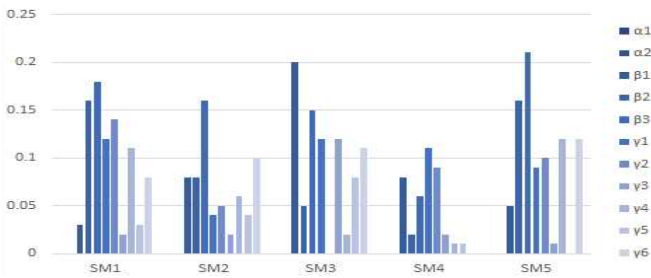


Fig. 9 Error rate between weight

4.5 종합

앞 절에서 살펴보았듯이 시뮬레이션 결과 값을 검토한 결과 모든 시뮬레이션 값이 초기 값과의 차이가 미미하였다. D_1, D_2, D_3 지역의 결과 값과 초기 값 오차 비율은 모두 $\pm 1.0\%$ 미만으로 검토되었고 SM 4의 모든 오차 비율은 $\pm 0.2\%$ 이하로 가장 좋은 결과 값으로 검토되었다. 운송계수는 모든 시뮬레이션에서 오차율이 ± 0.1 내외로 검토되어 기존에 설정한 운송계수와 차이가 거의 없었다. 따라서 본 연구가 제시한 모형은 타당한 것으로 판단된다.

5개의 시뮬레이션 값들 중에서 가장 신뢰성이 높은 SM 4 값을 토대로 각 구간 별 운송되는 화물량을 정리하면 Fig 10 과 같다. Fig 10은 SM 4의 결과 중 가장 마지막 결과(10th 결과)를 토대로 구성한 것이다. 먼저 출발지(P_1, P_2)에서 중간 경유지를 거치지 않고 목적지(D_1, D_2, D_3)지역으로 바로 운송되는 경우를 살펴보면 D_1 지역 화물량은 P_1 지역으로 부터는 약 20% 내외, P_2 지역으로 부터는 약 80%내외로 운송된다. D_2 지역은 P_1 지역으로부터 약 22%, P_2 지역으로부터 약 78% 직접 운송된다. D_3 지역은 P_1 지역으로부터 약 48%내외, P_2 지역으로부터 52% 직접 운송된다. D_3 지역으로 부터는 거의 P_1, P_2 지역으로 부터 비슷한 비율로 운송된다.

출발지(P_1, P_2)에서 중간경유지(C)를 경유하여 목적지(D_1, D_2, D_3)지역까지 운송되는 화물 운송량을 살펴보면 C 지역의 화물량 중 P_1 지역에서는 약 38% 내외, P_2 지역에서는 약 62%화물이 운송되어 지는 것으로 분석되었다. C 지역의 화물은 D_1 지역까지는 약 28%, D_2 지역까지는 18%. D_3 지역까지는 54% 운송되는 것으로 분석되었다.

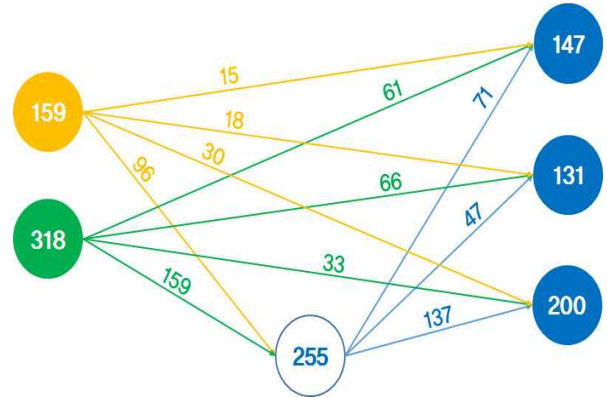


Fig. 10 Best result of the simulations

시뮬레이션 4의 결과 값을 종합해보면 Table 2과 같다. Table 2는 시뮬레이션 입력값(Table 1)과 SM 4의 결과값 사이의 오차율을 의미한다. P_1, P_2, D_1, D_2, D_3 지역의 오차율은 모두 $\pm 1\%$ 미만을 보이고 있으며 특히 중간 경유지 C 지역의 오차율이 $\pm 0.1\%$ 미만을 보이고 있어 오차율이 매우 작은 것을 볼 수 있다.

Table 2 error rate of simulation for all the areas

	unit : %									
	1 st	2 nd	3 rd	4 th	5 th	6 th	7 th	8 th	9 th	10 th
P_1	0.10	0.40	0.00	0.20	0.00	0.40	0.20	0.40	0.10	0.10
P_2	0.10	0.30	0.20	0.10	0.20	0.20	0.00	0.20	0.10	0.10
C	-0.10	0.00	0.10	-0.10	0.00	-0.10	-0.20	-0.10	0.00	0.00
D_1	0.10	0.20	0.20	0.00	0.20	0.10	0.00	0.10	0.10	0.10
D_2	0.10	0.10	0.20	0.10	0.20	0.00	-0.10	0.00	0.10	0.10
D_3	-0.05	-0.08	-0.19	-0.04	-0.16	-0.01	0.0%	0.01	-0.07	-0.08

5. 결 론

본 논문에서는 국내의 O/D데이터에서 중간 경유지를 고려하지 않은 점을 착안하여 중간 경유지(물류센터, ICD)를 고려한 화물운송경로 분석모형을 제시하였다. 해당 모형은 향후 항만과 각 지역 간의 화물 이동량을 예측할 때 유용하게 이용될 것으로 예상된다. 또한 본 모델은 운송계수를 이용하여 물류센터와 각 구간별 특성을 화물운송경로에 반영이 가능함에 따라 기존의 다른 모형과 차별점을 지니고 있다.

본 연구가 제시한 모형을 검증하기 위하여 출발지 2개, 목적지 3개, 중간경유지 1개로 지정하고 각 구간별 운송계수 값을 설정하였다. 실제 항만의 처리 물동량이 증가함을 반영하기 위하여 P항의 물동량 증가추세를 입력 값에 반영하였다. 시뮬레이션을 통하여 획득한 결과 값은 중간경유지 화물량과 도착지 화물량이었는데 그 오차의 범위가 $\pm 1.0\%$ 이내로써 본

모형은 타당성이 있는 것으로 판단된다. 또한 각 구간에 운송계수를 설정하여 시뮬레이션을 통해 얻어진 운송계수와 오차 범위를 확인하였으며 실제로도 오차 범위가 미미한 것으로 보아 모형의 알고리즘 또한 타당한 것으로 판단된다.

본 연구의 한계점으로 첫째, 실제 화물운송 경로를 모형에 적용하기 위해 몇 가지 가정이 필요하였으며 향후 연구에서는 가정에 대한 연구가 필요하다. 둘째 본 연구는 수출화물과 수입화물의 운송형태를 동일하게 가정하여 수입화물에 대하여 분석하였기 때문에 향후 연구에서는 수출 화물에 대한 분석이 필요하다. 셋째, 본 모형에서는 운송계수를 미리 설정하여 각 구간별 특성을 반영하지 못하고 있으므로, 향후 연구에서는 지역별 특성을 반영할 필요가 있다. 이 때 각 구간별 특성이란 구간사이 화물 운송량에 영향을 미치는 요인을 의미한다. 이는 각 지역의 산업체 수, 물류센터의 유무, 구간별 거리, 운송비용에 따라 달라질 수 있다. 넷째, 본 논문은 모형의 타당성을 검증하기 위하여 실제 데이터를 적용하기 앞서 임의의 데이터를 이용하여 모형을 검증하였는데, 향후 연구에서는 실제 데이터를 이용하여 모형을 적용할 필요가 있다.

본 연구 모형에서는 기존의 화물 운송 데이터에 문제점을 파악하여 그 문제점을 개선하고자 하는데 있다. 기존의 O/D 데이터는 구축 목적에 따라 크게 구축 방법이 2가지로 구분되고 구축방법에 따라 O/D데이터의 결과 값이 차이가 나고 있다. 하지만 화물 운송 경로에 초점을 맞추어 O/D데이터를 구축하지 않았기 때문에 전체 화물의 운송 경로를 파악할 수가 없었다. 또한 구간별 운송량의 초점을 두었기 때문에 물류센터나 ICD가 입지한 구간의 특성이 제대로 반영되지 않고 있었다. O/D데이터 구축에 있어 본 모형은 중간경유지의 특성을 최대한 반영하고 있다. 본 연구는 향후 국가물류계획 상에서 내륙물류기지의 적정규모, 적정위치 등을 산정할 때 기초 자료로 이용 가능 할 것으로 기대된다. 또한 향후 연구를 통하여 지역 간 특성이 화물의 흐름량에 어떻게 반영이 되는지 파악 가능할 것으로 보이며 이를 통하여 화물 수요분석이 좀 더 정확한 O/D데이터를 구축 할 수 있을 것으로 기대된다.

References

- [1] Cho, Y. G.(2006), " An Empirical Study on Factors Affecting Determination of Origin/Destination of Kwangyang Port", KMOU.
- [2] Go, Y. S.(2010), "Development of Freight Distribution Channel Choice Model using Distribution Channel Analysis", SNU
- [3] Kim, H. S., Park, D. J., Kim, C. S. et al.(2013), "An Empirical Study on Comparative Analysis of Freight Demand Estimation Methods - Unimodal O/D Based Method and P/C Based Method :Focus on Korean Import/Export Container Freight", Journal of Korean Society of Transportation, Vol. 31, No. 2, pp. 45-59.
- [4] Lee, B. R.(2012), Control of Fuzzy Neural Network, pp. 157-160.
- [5] Shin, S. J., Park, D. J., Oh, J. T., and Kim, S. J.(2012), "Research Trend for Improvement of Freight Demand Estimation Methods", Journal of Korean Society of Transportation, Vol. 30, No. 1, pp. 45-58.
- [6] Tran, T. D., Jin, G. G.(2010), "Real-coded genetic algorithm benchmarked on noiseless black-box optimization testbed", Proceedings of the 12th annual conference companion on Genetic and evolutionary computation, pp. 1731-1738.
- [7] Yun, D. S.(2001), Traffic Demand Analysis, pp. 3-29.
- [8] Minister of Land, Infrastructure and Transport(2011), Annual Freight Transport by Mode, <https://stat.molit.go.kr/>

Received 8 August 2014

Revised 16 January 2015

Accepted 9 February 2015