

시물레이션을 활용한 전시 복합 운송 의사결정방안 연구

진학은^{1*}, 박승배², 서창열³

¹아주대학교 국방디지털융합학과, ²육군본부 분석평가단, ³(주)심네트

A Study on the Decision-making Method for Multi-modal Transportation of War by Using Simulation

Hakeun Jin^{1*}, Seungbae Park², Chang-Yeol Seo³

¹Department of Military Digital Convergence, Ajou University,

²Center for Army Analysis & Simulation, Republic of Korea Army, ³SIMNET Co., Ltd.

요약 전쟁에서 승리하기 위해서는 적이 대응할 수 없는 뛰어난 작전 계획이 필요하다. 그러나 이러한 작전 계획을 실현하고 지속시키기 위해서는 적시 적절한 보급품 수송이 반드시 전제되어야 한다. 특히, 현대전에서는 다양한 수송수단에 의해 보급이 이루어지기 때문에 어떻게 효율적으로 복합 운송을 할 것인가에 대하여 과학적인 의사결정이 이루어져야 한다. 이를 위하여 본 연구에서는 기존의 군 수송 관련 연구들과 민간분야의 복합 운송 방법론에 대해 살펴보고 군 복합 운송과 민간 복합 운송의 차이를 비교하였다. 또한 군 특성을 고려하여 군 복합 운송 문제를 정의하고 전시 군수 지원계획 수립 간 의사결정 시 활용할 수 있는 6단계의 프레임워크를 제시하였다. 또한, 제시된 프레임워크를 군에서 사용 중인 지형분석 프로그램과 분석용 소프트웨어를 활용하여 실제 계획에 적용해 봄으로써 제시된 방법이 전시 군수 지원계획 수립 시 실제 적용이 가능하다는 것을 보여주었다. 본 논문을 통하여 지역분배소 운영 간 육-해상 수송 비용 판단과 같은 전시 군 복합 운송 관련 문제에 대하여 정성적이며 과학적인 방법으로 의사결정을 할 수 있을 것이다. 이번 연구에서는 적재 능력 판단 시 무게를 기준으로 적용하였으며 기상에 의한 효과는 반영되지 않았다. 향후 연구에서는 군수물자의 부피 톤에 대한 데이터 분석과 기상을 고려한 이동속도 보정 방안에 대한 연구가 이루어질 것이다.

Abstract Winning a war requires effective operational plans that the enemy cannot respond to. However, in order to realize and sustain these operational plans, timely and appropriate transport of supplies is required. In particular, in modern warfare, since the supply of goods is provided by various means of transportation, scientific decision-making should consider how to efficiently carry out multi-modal transportation. In this study, the existing military transport-related research and the civilian sector's multi-modal transport methodology were reviewed, and differences between military and civilian multi-modal transport were compared. In addition, the military multi-modal transportation problem was defined in consideration of the military characteristics, and a six-step framework was presented so that it could be used for decision-making when establishing logistical support plans in war. Furthermore, by applying the proposed framework by utilizing the topographic analysis program and analysis software used in the military, it was shown that this method could be used even when establishing wartime logistics support plans. Through this paper, decisions can be made in qualitative and scientific ways with respect to wartime military multi-modal transportation, such as determining the ratio of land and sea transportation during the operations of area distribution centers. This study determined the loading capacity based on the weight, and the effect of the weather was not reflected. In future research, data analysis on the volume of military materials using a method of judging the movement speed considering the weather should be conducted.

Keywords : Multi-modal Transportation, Area Distribution Center, Logistics Support Plan, Supply, ARENA

*Corresponding Author : Hakeun Jin(Ajou Univ.)

email: hakeun@ajou.ac.kr

Received January 14, 2022

Accepted April 1, 2022

Revised March 21, 2022

Published April 30, 2022

1. 서론

동서고금을 막론하고 전쟁에 있어서 군수 분야의 중요성은 두말할 필요가 없는 명백한 사실이다. 나폴레옹이 모스크바 원정을 실패한 원인으로 현지 조달에 지나치게 의존하며 정상적인 군수지원을 간과한 무리한 작전 수행에 있다는 분석이 있으며[1] 현대전쟁의 대표적인 사례인 이라크 전쟁을 보더라도 군수지원 확대를 연합군의 압도적인 승리 요인 중 하나로 판단하기도 한다[2].

이러한 군수 분야에서의 핵심은 필요한 물자를 적시 적소에 적절한 양을 보급하는 것이다. 이를 위해 우리 군은 전시 예상손실과 작전 수행을 위해 필요한 물자 소요량을 판단하는데 많은 시간과 노력을 투여하고 있다. 그러나 이렇게 산정된 물자를 어떻게 효율적으로 수송할 것인가에 대한 연구와 관심은 상대적으로 부족하다. 예를 들면 보급품 수송은 동적이며 연속적으로 판단되어야 하나 실제 수송능력을 판단할 시에는 물동량 대비 가용 차량의 수로만 판단하는 경우가 많다. 그러나 현대전에서는 군수품 수송이 육로뿐 아니라 철로, 해상, 공중 등 다양한 수송수단이 동시에 활용되기 때문에 군수 지원계획을 수립 시 각각의 수송수단별로 전시 물동량을 할당하는 복합 운송(multi-modal transportation) 문제에 대해 세밀한 분석과 판단이 이루어져야 한다.

이에 따라 본 연구는 기존의 군 관련 수송 연구들이 어떻게 진행되어 왔으며 민간분야에서는 복합 운송 문제 해결을 위해 어떠한 방법들이 있는지 알아본다. 또한, 전시 군 복합 운송이 가지는 특성을 고려하여 문제를 정의하고 6단계의 프레임워크를 제시하며 이를 실제 제원에 적용해봄으로써 군수 지원계획 수립 간 활용 가능하다는 것을 보여주고자 한다.

2. 관련 연구

2.1 복합 운송 문제

복합 운송이란 두 가지 이상의 상이한 운송수단에 의하여 화물이 목적지까지 운반되는 운송형태를 말한다[3]. 통상적으로 민간분야의 복합 운송 문제는 단일 공급자(출발지)-단일 구매자(최종 도착지) 모형을 기반으로 운송비용을 고려하여 출하횟수와 출하량을 결정한다. 불확실한 상황에서 수송수단과 수송량을 판단하고 재고량을 최소화한다는 점에서 민간에서나 군에서의 복합 운송은

공통점을 가진다. 그러나 민간분야의 복합 운송은 통상 총 운송비용을 최소화하는 것이 목적인 반면 군에서는 소요되는 비용보다는 총 소요시간을 최소화하거나 특정 기한 내 정해진 물량을 정해진 장소로 수송할 수 있는가와 같은 임무달성 여부를 목적함수로 가진다. 또한 민간 복합 운송의 경우 수송하는 수단에 대해 비용만 지불할 수 있다면 큰 제한 없이 이용할 수 있지만 군에서는 편제에 따른 수송 및 하역 장비가 정해져 있으며 전시라는 특수한 상황을 고려할 때 절대적인 수송수단의 수를 늘리기에는 많은 제한사항이 따른다. 그리고 민간 복합 운송에서는 일반적으로 출발지와 최종 도착지를 하나로 보고 단일 품목으로 정의하는 경우가 많지만 군에서의 복합 운송 문제는 출발지나 도착지가 다수일 수 있으며 품목 또한 다양하기 때문에 실제 군 복합 운송 문제를 해결하기 위해서는 반드시 군 특성을 고려한 방법론이 필요하다.

2.2 군 수송 관련 연구

구혜정의 연구[4]에서는 군수물자를 최대도 보급하기 위해 혼합정수계획 모형을 활용하여 군수 지원부대의 최적 위치 및 물동량을 선정하는 방법론을 제시하였다. 그러나 제시된 모형은 단순화된 상황에서 적용은 용이하지만 실제 여러 가지 상황과 요소들을 반영하는 문제에 대해서는 활용이 제한된다. 최병권의 연구[5]에서는 재보급을 위한 수송과정에서 물동량의 피해나 수송지연 데이터를 산출하고 이를 반영하여 모델화하였다. 그러나 제시된 방법은 특정한 시나리오를 기반으로 작성되어 있으며 연속적으로 이루어지는 수송상황이나 적재능력은 고려되지 않아 실제 복합 운송 관련 의사결정에 활용하기 어렵다. 김태열의 연구[6]에서는 전시통합수송계획 중 해상수송에 관한 사항을 모델링하여 기존 계획 및 대안을 검증하였으나 해당 연구는 미국 내 항구에서 국내 항구로의 해상수송만 모델링하여 복합 운송에 대한 방법론이 아니며 하역 후 육로수송수단에 의해 소요되는 시간 및 지연이 반영되지 않았다. 이진석의 연구[7]에서는 전시통합수송계획의 육로수송 부분에 대하여 모델링을 통한 수송소요 대 능력을 비교하는 방법을 제시하였으나 수송능력을 정적인 수치로 판단했기 때문에 전시와 같이 연속적인 상황에서 활용하기에는 적합하지 않다. 또한, 하역시간에 대해 부대별 능력을 고려하지 않고 고정된 시간 값으로 계산하였기 때문에 다소 현실성이 떨어진다. 이처럼 군 수송과 관련된 연구들은 계속 진행되어 왔으나 실제 군수 지원계획 수립 간 발생하는 복합 운송 문제에 대해

의사결정을 지원할 수 있는 연구는 부족한 실정이다.

2.3 민간분야 복합 운송 연구

군 환경과 다소 차이는 있지만 민간분야에서는 복합 운송에 관해 다양한 연구가 이루어지고 있다. 장익주의 연구[8]에서는 단일 출발지와 단일도착지에서 2개의 운송경로를 가지는 모형에 대하여 수리적으로 근사해법을 제시하였다. 그러나 복합 운송경로 상황을 너무 단순화하여 현실적인 문제에 적용이 제한된다. 김일동의 연구[3]에서는 중국 소주에서 네덜란드 로테르담까지 5가지 경로에 대하여 주차별로 경로를 선정하는 경험적 알고리즘을 제시하였다. 그러나 2가지 리드타임(1주, 5주)을 가지는 단순 경로와 5가지 리드타임(1주, 2주, 3주, 4주, 5주)을 가지는 경로 두 가지 경우에 대해서만 비교하였기 때문에 일반적인 상황에서 알고리즘 성능 확인이 제한된다. 서영준의 연구[9]에서는 중국 충징에서 네덜란드 로테르담까지 7가지의 복합 운송 경로에 대해 실제 시간과 거리, 비용을 산출하고 전문가들의 신뢰지수를 제시하는 방법으로 문제를 해결하고자 하였다. 그러나 이러한 방법은 많은 시간과 노력이 소요되며 전시에 이 방법을 사용하기에는 적합하지 않다. Li의 연구[10]에서는 12가지의 선적 지연 위험을 정의하고 이를 Entropy Weight Method를 활용하여 가중치를 선정하고 유전 알고리즘의 하나인 NSGA-II로 최적화하는 방법을 제시하였다. 그러나 이 방법은 구역별 리스크와 파라미터값들을 설정해야하는 또 다른 문제가 발생한다. 해당 논문에서도 이에 대한 해법을 보이지 않고 임의의 파라미터 값을 적용한 예시를 제시하였다. Kwanjira의 연구[11]에서는 태국에서 캄보디아로 물품을 수송하는 복합 운송 문제에서 비용, 리드타임, 리스크를 최적화 하기 위한 5단계의 프레임워크를 제시하고 Zero-on Goal Programming을 이용한 경로 최적화 방법을 제시하였다. 그러나 비용, 시간, 총 리스크에 대한 가중치 판단이 주관적이며 각각의 지역별로 가중치 판단을 위해 많은 노력이 요구되기 때문에 이러한 방법 역시 전시 군 상황에 적용하기에는 많은 제한사항이 따른다.

이러한 제한사항들을 고려해 볼 때 민간분야에서의 기존 복합 운송 연구들이 군에서 직접적으로 활용되기는 어렵다. 이에 따라 전시 군 관련 복합 운송 문제에 대한 의사결정을 지원하기 위해서는 군 관련 도메인 지식을 활용하여 문제를 재정의하고 실제 활용이 가능한 방법론을 제시하고자 한다.

3. 전시 군에서의 복합 운송 문제

3.1 전시 군 복합 운송 문제

전시 군에서의 복합 운송 문제는 다수의 출발지와 하나의 최종 도착지 문제로 볼 수 있다. 여기서 출발지는 각 보급단과 탄약창이며, 도착지는 지역분배소(Area Distribution Center)이다. 출발지에서 도착지 수송 간에는 사전에 계획되어 있는 육로, 철로, 항구, 공항을 공동으로 이용한다. 여기서 도착지를 하나로 설정하는 이유는 전시 필요한 물품들은 품목별로 9개의 종으로 세분화되어 있으며 공급원(동원, 조달 등)으로부터 최종 수요자인 전투부대로 전달되기 전에 반드시 군수부대를 경유하기 때문이다. 전시 기본품목만 하더라도 8,000개가 넘는 점을 고려해 볼 때 출발지에서 전투부대로 직접 수송되는 경우는 매우 제한적일 것이다. 통상 복합 운송으로 수송되는 물자들은 지역분배소로 집결되며 지역분배소에서 전투부대까지는 부대별 전담 군수 지원부대에 의해 육로로 수송된다. 또한 지형적인 특성과 전투가 치열하게 벌어지는 상황들을 생각해본다면 전투지역에서는 통상적으로 육로를 제외한 다른 수송수단의 적용에 어려움이 따른다. 이에 따라 군에서의 복합 운송 문제는 최종 도착지를 전투부대가 아닌 지역분배소로 설정해야 하는 것이 바람직하다.

3.2 군 복합 운송 의사결정을 위한 프레임워크

일반적으로 군 운송에 관련된 계획을 수립할 때에는 물동량과 가용자산별 운송능력을 비교하여 운송 가능 여부를 판단한다. 이러한 방법은 직관적으로 판단하고 이해하기 쉽지만 현실성이 떨어질 수 있다. 예를 들면 중간 경유지에서 수송부대가 전환되거나 일부 구간을 반복 수송하는 경우에는 물자 전환시간과 회차 시간이 발생하며, 중간 경유지에 물자가 도착하는 시간과 운송량에 따라 전체적인 운송 소요시간이 변동할 수 있다. 전시는 특수한 상황 속에서 이러한 다양한 가변요소들을 고려하여 군 복합 운송에 대한 의사결정을 위해서는 다음의 Table 1과 같은 프레임워크가 필요하다. 기존의 방법(Step 1, Step 2)을 보완하여 물자전환이 발생하는 지점의 물자처리 능력을 판단하고(Step 3) 지형이 미치는 영향까지 분석함으로써(Step 4) 현실성 있는 모델을 만들 수 있다. 이렇게 수립한 모델을 통해 확인하고자 하는 계획과 대안을 설정하며(Step 5) 시뮬레이션 결과에 대한 분석을 통해 의사결정에 필요한 데이터들을 산출한다.(Step 6)

Table 1. Framework for military multimodal transportation decision-making

Step	Details
Step 1.	Determination of Daily Volume and Supply Cycle
Step 2.	Determining the Location and Capability of Supply Units
Step 3.	Establishment of Supply Routes and Determining Capability of Port, Airport Capabilities
Step 4.	Topography Analysis of Supply Routes
Step 5.	Modeling the Logistics Transport System and Setting Alternatives
Step 6.	Simulation by Alternatives and Analysis of Results

1단계에서는 지역분배소를 기준으로 보급선을 고려하여 부대별 1~9종의 일일물동량을 판단한다. 일일물동량을 판단할 때에는 제대별 표준물동량을 기준으로 안정화 부대나 타국군 지원사항, 기타 정부 지원물자까지 고려한다. 보급주기를 설정하는 이유는 전시에 일일 단위로 수송이 이루어진다면 가장 이상적일 수 있으나 해상수송이 포함되는 경우 일일 단위 수송이 제한되며 화물선의 적재능력을 고려할 경우에도 일일 단위 수송은 효율적이지 않을 수 있다. 또한 각 부대와 지역분배소에서는 항상 재고를 보유하기 때문에 일일 단위 수송을 적용하기보다는 일정 수준의 재고수준을 유지할 수 있도록 적절한 보급주기를 설정하여 물자를 수송한다. 이에 따라 수송이 필요한 총 물동량은 일일물동량에 보급주기를 곱하여 산출한다.

2단계에서는 보급부대의 위치 및 능력을 판단한다. 보급선을 고려하여 보급창 및 탄약창과 같은 보급부대의 위치를 확인하고 편제된 보급부대의 장비를 기준으로 수송 및 하역능력을 적용한다.

3단계에서는 보급로를 설정하고 가용 항구 및 공항의 물자처리 능력을 판단한다. 먼저 육로를 이용한 주보급로를 판단하며, 보급부대의 위치를 고려하여 현실적으로 이용 가능한 항구 및 공항을 판단한다. 항구 및 공항별 수송능력은 차량과 마찬가지로 이용 가능한 선박(화물선, 유조선)과 항공기의 적재능력을 판단하며 하역능력은 해당 항구 및 공항에서 활용 가능한 지게차와 크레인 기준을 결정한다. 또한 해당 항구와 공항까지 해상 및 항공수송된 이후에 최종 목적지까지 지원받는 육로 수송능력도 반드시 고려되어야 한다.

4단계에서는 보급로의 지형을 분석한다. 기존 연구들에서는 육로 수송능력을 판단 시 70km 또는 80km와 같

이 순간적인 속력으로 소요시간을 산출하기 때문에 실제 소요시간과 많은 차이를 가진다. 특히, 북한지역에서는 도로의 포장상태나 도로 폭이 열악하여 육로수송에 많은 제한사항이 있기 때문에 이를 보완하기 위해 계기판에 표시되는 순간속력(km/h)이 아닌 평균속도(KIH, kilometer in hour)로 접근하는 것이 필요하다. 실제로 군에서 활용하는 평균속도의 개념은 Table 2와 같다.

Table 2. Vehicle Speed(KIH) according to Road Pavement Conditions and Width in Military[12]

Route	Road Condition	Driving Speed(KIH)		
		Day	Night	
National Highway	Paved	Good	40	26
		Normal	30	20
		Bad	20	13
	Unpaved	20	13	
Express Highway	One Way, Four Lanes	60	40	
	One Way, Two Lanes	50	33	

5단계에서는 물류수송체계를 모델링하고 대안을 선정한다. 모델링을 수행할 때에는 2단계에서 판단한 부대별 육상수송 능력과 3단계에서 판단한 항구 및 공항의 물자처리능력, 4단계에서 분석한 보급로 지형분석 결과를 모두 적용한다. 대안 선정은 각각의 수송수단별 어떠한 비율로 물자를 수송할 것인가에 대해 시물레이션할 비율을 결정하는 것이다. 예를 들면 육상수송을 90%, 해상수송을 10%로 적용한다는 계획을 수립한다면 육상수송으로는 1단계에서 산정한 총 물동량 의 90%로, 해상수송으로는 총 물동량 10%로 실제 수송해야 하는 수단별 세부 물동량을 산정하여 시물레이션을 실시한다. 세부적인 모델링 방법에 대해서는 실제 사례를 바탕으로 4장에 제시하였다.

6단계에서는 대안별 시물레이션 및 결과 분석을 실시한다. 5단계에서 설정한 대안들을 바탕으로 시물레이션을 실시하며 분석척도로는 소요시간과 물자처리능력을 적용한다. 소요시간은 총 소요시간과 구간별 소요시간을 확인하며 물자처리능력은 물자처리 간 발생하는 대기시간을 기준으로 평가한다. 물자 처리능력을 평가해야 하는 이유는 전체적인 소요시간이 낮더라도 일부 구간 또는 부대에 과부하가 발생하는 상황이 발생할 수 있으며 이를 확인하고 병목지점에 추가적인 조치를 할 수 있도록 제시하는 것 또한 복합 운송에서의 의사결정에 필요한 사항이기 때문이다.

4. 실제 군 복합 운송 문제의 적용

4.1 모델링 및 시뮬레이션 실행환경

4장에서는 앞에서 제시한 6단계의 프레임워크를 전시 군수 지원계획에 적용하고 결과를 도출함으로써 제시한 방법론이 실제 계획에 적용이 가능한 점을 확인하고자 하였다. 본 연구에서는 00지역 지역분배소의 적절한 육해상 수송비율을 결정하기 위한 물동량과 보급선을 판단하여 적용하였으며 실제 부대의 위치별 편제장비를 고려하여 파라미터값을 설정하였다. 부대별 편제장비에 대해서는 국방조직정원체계의 자료를 기초로 관련 부서와 토의 후 이를 일부 보정하여 적용하였다. 이때 편제장비의 가동률은 편제 대비 75%를 적용하는데 이는 장기수송 시 정비, 고장, 안전을 위한 불가용률을 반영한 결과이다[12].

4단계 지형분석 간에는 위성, 항공, 드론, 비디오, 라이다 등 여러 경로로 취득한 공간정보 데이터를 이용하여 다양한 분석을 할 수 있으며 군에서도 활용 가능한 ArcGIS(arc geographic information system)를 사용하여 분석하였다. ArcGIS는 ESRI사가 개발한 상용 지리정보체계로 여러 제품 중 ArcGIS Desktop 사용하였으며 5단계와 6단계에서는 Rockwell Automation사의 ARENA 소프트웨어를 활용하여 모델링 및 시뮬레이션을 실시하였다. ARENA는 discrete event에 대한 시뮬레이션 및 자동화가 가능한 상용 소프트웨어로 시간의 흐름상 영향 변수를 정의하고 확률변수를 적용할 수 있기 때문에 군 물류체계, 군수 지원절차, 군수 운용체계의 규모 및 위치 결정 등의 분석에 많은 활용이 되는 소프트웨어로 동시적, 연속적으로 이루어진 군 복합 운송 상황을 시뮬레이션하기에 적합하다고 볼 수 있다.

4.2 모델링 및 시뮬레이션 결과

검증에 사용한 자료들은 실제 군수 지원계획의 값을 사용하였기 때문에 보안상의 이유로 모든 데이터값들을 제시할 수 없음을 밝힌다. 세부적인 데이터값들과 작성된 문서는[13] 관련 보안규정 절차를 준수하여 육군본부 분석평가단을 통해 확인할 수 있다.

시뮬레이션을 수행함에 있어 고정된 입력변수는 1~3 단계에서 확인한 총 물동량과 부대 위치 및 편제장비의 능력이며, 가변되는 입력변수는 대안으로 설정한 육상수송 대 해상수송 비율에 따른 수송수단별 물동량이다. 4 단계에서 해당지역을 ArcGIS로 지형분석을 해보면 보급로는 거의 모든 구간에 대해 포장이 되어 있으며 일부 구

간을 제외하고 2차선 이상으로 양호한 속도로 운행이 가능하다는 것을 알 수가 있다. 모델링 시 입력하는 속도값은 구간별로 거리, 포장률, 도로폭을 기준으로 Table 2의 값을 적용하여 반영한다.

Table 3. The Time Taken Depending on the Applied Speed

Vechcle Speed	From A To B	From B To C
Depending on the Results of Step 4	16.02H	23.6H
70km / h	9.76H	14.39H
80km / h	8.72H	12.86H

지형분석 결과를 고려하여 속도를 적용해야 하는 이유는 Table 3과 같이 지형분석 결과를 적용한 경우와 기존 연구들처럼 일괄적으로 70km 또는 80km의 속력을 적용할 경우를 비교해보자면 그 필요성을 쉽게 알 수 있다. 지형분석 결과를 적용하지 않는 경우에는 수송 소요시간을 실제 소요되는 시간의 약 60% 수준으로 판단하는 것처럼 육상수송능력을 실제보다 훨씬 더 과대평가할 수 있다. 이러한 차이는 6단계에서 가장 효율적인 육상수송 대 해상수송 비율을 결정할 때 큰 영향을 미칠 수 있기 때문에 복합 운송 관련 시뮬레이션을 할 때에는 지형분석 결과를 반드시 고려하여야 한다.

5단계에서의 모델링하는 방법의 기본개념은 Fig. 1과 같다. Fig. 1에서는 해상수송에 대한 기본적인 모델링 개념을 나타낸다. 먼저 편제와 적재능력을 고려한 수송수단(선박)을 생성한 후(①) 항구에서 선박에 적재하는 시간을 입력한다.(②) 필요에 따라 제대를 구성하여 선박을 출발시키며(③) 이후 해상 이동 간 소요되는 시간을 입력한다.(④) 이후 하역하는 시간을 입력하고(⑤) 하역작업이 끝난 이후에는 부대로 복귀한 후(⑥) 출발항에 남아 있는 화물의 유무에 따라(⑦) 수송을 계속하거나(②) 임무를 종료한다.(⑧) 이러한 모델링에 대한 기본 개념을 바탕으로 각 지점별 특성을 고려하여 모델링을 발전시킨다. 예를 들면 항구에서 지역분배소까지 육상수송을 모델링하는 경우 선박에 의해 화물이 도착할 때까지 도착지 항구에 지원되는 차량들이 대기하며 선박에서 화물이 하화한 후 다시 화물을 적재하여 다음 목적지로 이동하는 과정을 추가해야 한다. 이후 과정은 Fig. 1과 마찬가지로 최종 목적지에 화물을 하역하고 부대로 복귀하며 항구에 화물이 남아 있으면 수송을 계속하며 화물이 남아 있지 않으면 임무를 종료한다.

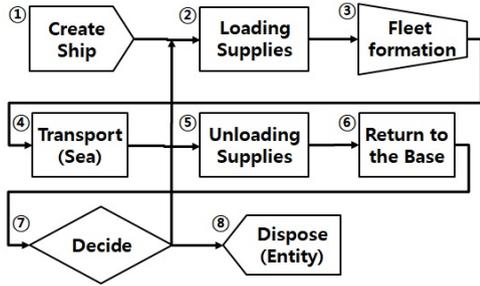


Fig. 1. Concept of Modeling for Sea Transportation

품목에 따른 모델링 방법에는 먼저 3종(유류)의 경우에는 취급하는 차량과 선박 자체가 일반 화물과 다르기 때문에 기본적으로 별도의 모델링을 실시한다. 신선식품이나 특정한 약품과 같은 경우에도 냉장장치를 보유한 별도의 수송수단이 필요하기 때문에 총 물동량에서는 제외한다. 긴급한 수송이 필요한 품목들은 항공수송으로 우선 판단하거나 5종(탄약)은 수송량과 호송 소요를 고려하여 철로로 우선 판단하는 등 군수운영에 관한 사항도 반영하여 모델링을 할 수가 있다.

6단계에서는 육상수송과 해상수송의 소요시간을 기준으로 보급주기 내 수송이 가능한지 평가하고 이를 만족하는 조건 중에 최소 소요시간을 가지는 육상 대 해상수송 비율을 식별한다. 실제 시물레이션 결과 기존의 계획 보다는 육·해상 비율을 0:0으로 조정해야 총 소요시간이 최소화된다는 결론을 얻을 수 있었다. 그뿐 아니라 해상수송 비율이 00% 이상일 경우부터는 소요시간이 급격히 증가하는 결과가 발생하였는데, 물자처리 간 대기시간을 분석해보면 00항에서의 물자 하역능력과 하역된 물자를 최종 목적지까지 수송할 수 있는 수송자산이 부족하여 대기시간이 급증한다는 사실을 확인할 수 있었다.

5. 결론

본 연구에서는 전시 군에서 발생하는 복합 운송 문제에 대해 모델링 및 시물레이션의 방법으로 의사결정을 지원할 수 있는 프레임워크와 실제 군수 지원계획을 적용하여 이러한 방법이 가능하다는 것을 제시하였다. 이를 통해 기존에 경험과 정성적인 방법으로 의사결정을 하는 것들을 좀 더 정량적이며 과학적인 의사결정을 지원할 수 있다는 점에서 그 의의가 있다. 실제상황에 적용하기 어려운 이론적인 연구나 전시 활용에 제한되는 방

법론이 아닌 실제 군에서 직접 활용 가능한 점을 우선하여 연구를 진행하였다.

실제 군수 지원계획을 적용하였기 때문에 구체적인 수치와 결과값을 본 논문에서 제시할 수는 없었지만 제시한 개념과 참고문헌을 바탕으로 관련 기관에 협조한다면 이러한 제한사항은 충분히 해결될 수 있을 것이다.

후속연구에서는 부피 톤을 고려한 적재능력 판단방법이 필요하다. 본 논문에서 적재능력을 고려할 때 무게 톤을 기준으로 판단하였으나 현실 세계에서는 부피에 의해 기준값보다 적은 양이 적재되는 경우가 발생한다. 이를 위하여 전시 필수품목에 대해 부피와 관련된 데이터 수집이 이루어져야 할 것이다. 또한 본 연구에서는 기상미치는 영향을 고려하지 못하였다. 군수 지원계획을 수립하는 단계에서는 일자별 기상까지 예측하여 계획을 수립하는 것 자체가 제한될 수 있으나 주요 절기나 계절에 따라 이동속도를 일부 보정할 수 있는 수준의 연구까지는 수행해야 할 것이다.

References

- [1] W. Jung, M.Byun, S. Cho, S. Kang, "The Quantitative Analysis in terms of the Requisite for Logistics Support of the War History using Simulation : Moscow Expedition of Napoleon", *Journal of the Military Operations Research Society of Korea*, Vol. 37, No.1, pp.27-38, Mar. 2011.
- [2] K. Kim, "Lessons from the War in Iraq", Army Military History Institute, pp.800, Nov. 2020.
- [3] I.Kim, "A Heuristic Algorithm for Multi-period, Multi-modal Transportation Problem", Master's thesis, Univ. of Ajou, pp.p2-3, 34-35, 2009.
- [4] H.Koo, "Wartime Logistics Model for Multi-supprot Unit Location-allocation with Front Line Changes", Master's thesis, Univ. of Seoul National, pp.40-41, 2016.
- [5] B.Choi, "A Study on Wartime Logistic Material Transportation Capability using Scenario-based Simulation", Ph.D dissertation, Univ. of Kwangwoon, pp.67-70, 2018.
- [6] T.Kim, "A Study on the Optimal Sea Transportation of War Materials by using Simulation", Master's thesis, Univ. of Korea National Defense, pp.90-93, 2005.
- [7] J.Lee, S.Lee, "Evaluation of Warrtime Domestic Overland Transportation Capability using Simulation", *Journal of the Military Operations Research Society of Korea*, Vol.31, No.1, pp.26-41, 2005.
- [8] I.Jang, "Dynamic Two-route Transportation Problem

for Supply Chain Management”, Ph.D dissertation, Univ. of Ajou, pp.45-46, 2013.

- [9] S.Young, F.Chen, S.Roh, “Multimodal Transportation : The Case of Laptop from Chongqing in China to Rotterdam in Europe”, *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, Vol.33, No.3, pp.155-165, Sep. 2017. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2017.09.005>
- [10] P. Li, J.Yang, “Optimizing the Vehicles Allocation of Multi-modal Freight Transportation Considering the Transshipment Delay Risk”, *2017 4th International Conference on Transportation Information and Safety(ICTIS)*. IEEE, Banff, Canada, pp.818-824, Aug. 2017. DOI : <https://doi.org/10.1109/ICTIS.2017.8047862>
- [11] K.Kwanjira, A. Veeris, “The Decision Making of Freight Routh in Multimodal Transportation”, *Suranaree Journal of Science & Technology*, Vol.25, No.1, pp.1-10, 2018.
- [12] J.Lee, “A Study on the Evaluation of Wartime Domestic Overland Transportation Capability by using Simulation”, Master’s thesis, Univ. of Korea National Defense, pp.46, 2004.
- [13] H.Jin, C.Seo, “Analysis of Plans for Efficient OO ADC Operation”, Anaysis Report, Center for Army Analysis and Simulation, Korea, 2021.

진 학 은(Hakeun Jin)

[정회원]



- 2017년 2월 : 서울대학교 산업공학과 (산업공학석사)
- 2017년 3월 ~ 2019년 10월 : 육군본부 분석평가단 M&S기반체계장교
- 2020년 7월 ~ 11월 : 육군본부 군수참모부 국내외조달계획장교
- 2021년 3월 ~ 현재 : 아주대학교 국방디지털융합학과 박사과정

<관심분야>

M&S, Operation Research, AI

박 승 배(Seungbae Park)

[정회원]



- 2007년 3월 : U.S. Air Force Institute of Technology 운영분석학과 (운영분석석사)
- 2014년 6월 : Auburn University 산업공학과 (산업공학박사)
- 2017년 12월 ~ 2020년 12월 : 합동참모본부 분석실험실 합동실험/전력분석담당
- 2021년 1월 ~ 2021년 12월 : 육군 분석평가단 모의분석과장
- 2022년 1월 ~ 현재 : 육군 분석평가단 운영분석과장 / 빅데이터분석센터장

<관심분야>

운영분석, 시뮬레이션, AI/빅데이터

서 창 열(Chang-Yeol Seo)

[정회원]



- 1994년 3월 ~ 1999년 2월 : 삼성 SDS 대학생 인턴
- 1994년 7월 ~ 1996년 12월 : MCSE (Microsoft Certified Systems Engineer)
- 1997년 2월 : 목포대학교 전산통계학과(이학사)
- 2020년 5월 ~ 현재 : (주) 심네트 M&S 1사업본부 책임연구원

<관심분야>

M&S, 윈도우즈 프로그래밍, 네트워크 분석