

## K-means 군집분석 및 Dijkstra 알고리즘을 활용한 군 부식수송비용 절감 방안 연구

### A Study on the Reducing the Costs of Military Food Transportation Using K-means cluster and Dijkstra Algorithm

조윤희<sup>1)</sup> · 문호석<sup>2)</sup>

Younhyeong Cho · Hoseok Moon

#### ABSTRACT

As transportation develops and social demand increases, the importance of logistics costs is gradually increasing, and this is the same in the military. In particular, the military is carrying out missions at the cutting edge of the country for national defense, so logistics costs are more important. However, there is still insufficient research on logistics in the military, especially in the discharge below the division level, inefficient logistics work is being carried out because transportation is centered on discharge units, and the resulting costs are wasted. From the perspective of the military, which has to efficiently operate limited resources, it is necessary to make efforts to reduce logistics costs and use the budget where it is more necessary. In this study, data on the number of vehicles and vehicle driving distance will be collected and formalized for the reduction of food transportation costs of the division's GOP unit, and a methodology for reducing logistics costs based on standardized data was presented. The actual transportation method of the standing division GOP unit was applied as the research content. K-means cluster analysis was applied by formalizing the actual unit's transport data, and a methodology to overcome the limitations by applying Dijkstra algorithm to the limited part applied to the actual data was proposed. Through the methodology proposed in this study, a plan to reduce the cost of transporting food ingredients for the actual division GOP unit was proposed, which could contribute to creating conditions for more effective budget management.

Key words : Logistics costs, K-means cluster, Dijkstra algorithm

---

논문접수일 : 2024년 5월 23일, 심사일 : 2024년 6월 3일, 게재확정일 : 2024년 6월 9일

1) 국방대학교 군사운영분석전공 석사과정

2) 국방대학교 군사운영분석전공 교수 / 교신저자(hsmoon0329@gmail.com)

## 1. 서론

현대 물류 수요의 지속적인 증가로 인해 물류 산업은 우상향 곡선을 그리며 끊임없이 발전하면서 그 규모를 키우고 있다. 산업 전반적으로 규모가 커지고 복잡해짐에 따라 이를 유지하고 운용하는데 들어가는 예산도 커지고 있다. 국가의 물류비도 매년 증가하는 추세이며 가장 최근의 연구 결과인 2016년도 기준 국가 물류비는 185조 1,783억원으로 전년 대비 약 13.69% 상승한 수치를 보였다. 이는 GDP 대비 9.74%이며 기업의 매출액 대비 물류비가 차지하는 비율은 약 6.56%로 상당한 부분을 차지한다고 볼 수 있다[1][2].

물류비에 영향을 주는 주요 요인은 내부요인과 외부요인으로 볼 수 있다. 내부요인으로는 인건비 상승이 약 33%를 차지하고 있으며 외부요인으로는 유가 상승이 약 33%, 고객의 물류 서비스 수요 증가가 약 11%, 운송비의 증가가 약 38%를 차지하고 있다. 기업은 이러한 물류비를 절감하기 위해 약 16%가 배송 빈도 개선 및 적재율을 향상시키고 있으며 약 10%가 수송 및 배송경로를 배선하는 작업을 통해 절감 노력을 하고 있다[2].

군에서도 물류비에 대한 중요성은 외부 기업이 느끼는 것과 동일하다고 할 수 있으며 군이 임무수행을 하는 곳은 주로 국토의 종단이기 때문에 물류에 대한 중요성이 더욱 강조된다고 볼 수 있다. 과거와 비교해 현재 장비들의 선호도가 다양해졌으며 장비 급식의 개선 목소리, 택배 수요 증가 등으로 인해 물류의 수요가 증가했다. 또 물가 상승 및 인건비 상승, 유가 상승 등으로 인해 운송비 증가에 기여했다.

하지만 군은 기업과는 다르게 일과표 중심의 활동과 제대 중심의 활동이 많으며 이는 사단급 이하 제대(이하 하급제대)로 갈수록 두드러진다. 하급제대에서의 물류는 효율 중심이 아닌

제대 중심이어서 외부 기업에서의 절감 노력인 배송 빈도 개선 및 적재율 개선과 수송 및 배송경로 개선에 다소 소극적인 경향이 있다.

매년 할당된 예산으로 조직을 운영하는 군에서는 연말이 다가올수록 예산이 부족하기 일쑤이며 이는 물류비에서도 동일하다. ‘필수 작전 차량 이외 유류 충전 제한(자제)’, ‘00부대 유류 부족으로 인한 배차 제한’이라는 지침을 거의 매번 접하고 있으며 가용 차량이 부족하여 간부 소유 차량으로 직접 다녀오는 경우도 빈번하다.

본 연구의 목적은 실제 상비사단에서 시행되고 있는 사례를 통해 하급제대에서의 물류비 절감을 위한 방법론을 제시하여 주어진 예산을 보다 효율적으로 사용하는 환경을 마련하는 것이다. 이를 위해 동부전선에 있는 상비사단 GOP(General Out Post, 일반전초) 부식수송에 대한 데이터를 수집하였으며 해당 데이터를 정형화하고 데이터 분석을 통하여 현재의 물류비와 본 연구에서 제시하는 방법론을 적용하였을 때의 물류비를 비교하여 물류비를 절감하는 방법에 대하여 구체적으로 제시하였다.

## 2. 기존연구

물류비용에 관한 연구는 국가에서부터 기업에 이르기까지 다양하게 이루어지고 있다. 한국생산성 본부는 일반 기업들의 물류비 계산을 돕기 위하여 1989년 ‘기업 물류비 계산 준칙’을 확정하여 공표하였으며 2010년까지는 한국교통연구원에서 매년 “국가 물류비 산정 추이 및 분석”을 발간하여 국가 물류 통계의 대략적인 모습을 보여주고 있다. 최근에는 물류비용 절감을 위해 데이터과학의 기법 등을 활용하고 있다[1][3].

기업에서의 운송수단 및 방법에 관련된 물

류비용 절감에 대한 연구로 정희운은 도로 제조기업의 실제 사례를 바탕으로 구글의 GPS(Global Positioning System, 범지구위치 결정시스템) 정보와 대리점의 실제 위치 등을 데이터로 활용하여 다중경유지 최적 경로 추천 프로그램을 개발하여 대리점별 물류 효율 등급을 산정하여 효율 등급에 따른 대리점 관리의 차별화 방안을 제시하고 영업전략을 수립하는 방안을 제시하였다[4]. 이선모는 물류 네트워크 구성요소를 기초로 물류센터의 거점 변화에 따른 물류 비용의 절감방안 그리고 서비스의 변화 모습을 실제 사례 데이터를 수집하여 수리적으로 분석하였다[5].

군에서도 물류비용에 관한 연구가 진행되어 있다. 강성진은 군과 기업의 물류비용 산정 방법의 차이를 비교·분석하여 군에 적합한 물류 네트워크를 선정하고 이에 따른 물류비용을 구성하는 요소를 특정하고, 물류비용 모델을 추정하였으며 국방 물류 비용 데이터를 통하여 민감도 분석을 통해 물류 비용의 절감방안을 제시하였다[6]. 장성환은 군지사~사단에 이르는 물류비 구성 요소를 나열한 후 각 상황별/제대별 비용분석을 통하여 물류비를 산정하였고 상황별 물류비 절감방안을 제시하였으며 향후 군 물류비용 절감에 대한 발전방안을 함께 제시하였다[7].

기존에 수행되었던 연구들의 특징을 알아보면 첫째 국가적인 차원에서, 군과 기업이라는 큰 조직적인 차원에서의 물류비용에 대한 가이드라인을 제시하는 연구가 주를 이루었다. 둘째 물류비용을 구성하는 요소들을 통하여 물류비용 산출식을 제시하였으며 모델을 추정하였다. 마지막으로 산출했던 산출식과 모델을 바탕으로 실제 사례를 통하여 데이터를 수집 및 전처리하고 수리적인 분석기법과 데이터마이닝 기법을 활용하여 물류비용 절감방안을 대략적으로 예측하였다.

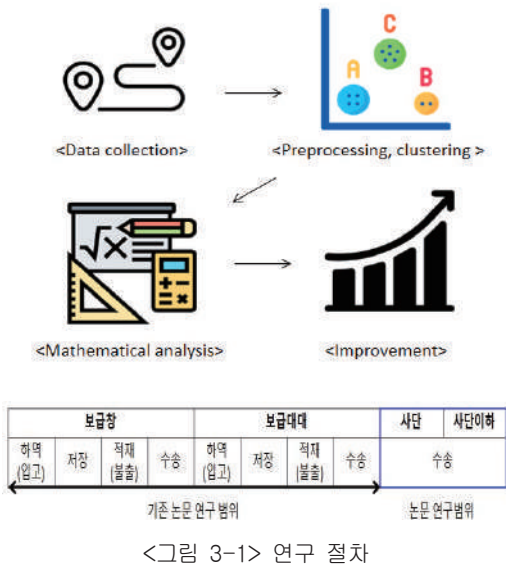
다만 기존 연구에서는 실제 데이터를 분석하

고 분석한 결과를 바탕으로 수리적인 모델을 추정하거나 물류비용 산출식을 제시하는데 그쳤으며 분석방법론을 적용하여 개선된 모델을 적용하였을 경우에 얻을 수 있는 이점을 제공하지 않았다. 또한 본 연구에서 진행하고자 하는 유류비와 운송비용에 관련된 연구보다는 창고(대리점)의 위치 변화나 영업 전략의 조정과 같은 다른 요소의 연구 위주로 진행되었다. 군 내에서 작성된 논문에서 다른 연구는 주로 물류비용의 대부분을 차지하는 재고비용과 운송비용을 중심으로 이루어졌으며 군수사령부에서부터 사단급 이상의 제대까지 주로 높은 제대의 물류비용 분석에 관한 연구가 시행되었다. 반면 사단급에서 중대급에 이르는 낮은 제대의 물류비용에 관련된 연구는 아직 시행된 바가 없으며 대규모 제대를 대상으로 시행된 연구는 물류비용의 산출식과 그에 따른 추정된 모델이 모두 현장의 제한사항과 한계점을 반영하고 있지 않기 때문에 현장의 부대에서 적용하기에는 제한된다는 것이 연구의 한계점이었다.

### 3. 연구 방법

#### 3.1 연구 절차

본 연구의 연구 절차는 <그림 3-1>과 같이 크게 4단계로 구성되며 1단계인 데이터 수집 단계에서는 물류비용 측정의 대상이 되는 실제 동부전선의 상비사단 GOP 소초의 3차원좌표를 확인하여 데이터를 수집하는 단계이다. 또한 본 연구의 범위는 <그림 3-1>과 같이 사단급 이하 제대로 한정하며 연구에서는 실제 상비사단 내 GOP대대의 운행중인 차량을 확인하고 차량에 해당하는 연비와 차량 유지비를 수집하여 유지함으로써 추후 산출식 적용시 활용한다 [8].



2단계는 데이터를 전처리하고 전처리된 데이터를 활용하여 K-means 군집분석을 시행하는 단계로, 수집된 GOP소초의 3차원좌표를 특정 지점을 원점으로 가정하여 전처리하는 과정이다. 전처리가 완료되었다면 해당 데이터를 가지고 K-means 군집분석을 실시하여 나온 결과를 실제 지형의 제한사항에 따른 안전문제와 부대 내 지침 등을 확인하여 제한사항을 도출한다.

3단계는 수리적인 분석을 시행하는 단계로 2단계 과정에서 도출된 제한사항을 바탕으로 Dijkstra 알고리즘을 활용하여 실제 제한사항을 극복할 수 있는 방향으로 조정해주는 과정이다.

4단계는 3단계까지 완료한 분석 결과를 바탕으로 개선된 방안을 적용하였을 때 현재의 물류비용과 비교하여 개선된 정도를 나타내고 이에 따른 기대 효과와 향후 발전을 위한 제언을 언급한다.

### 3.2 연구대상 자료

본 연구의 물류비용 연구 범위는 사단급 이하 제대이며 대상 자료는 첫째로 상비사단

GOP대대의 물류비용 자료와 소초의 3차원 좌표이다. GOP대대의 물류비용으로는 유통비와 차량 유지비만을 고려하기로 하며 그 이유는 <표 3-1>과 같이 그 외의 예산은 사단급 이하 제대에는 거의 배정되지 않기 때문이다.

<표 3-1> 물류비용 구성

구분	군	기업	
수송	• 차량 고정비/유지비 • 유통비	• 차량 고정비/유지비 • 유통비	← 주 연구항목
재고	• 창고비 • 재고유지비	• 창고비 • 재고유지비	← 배정된 예산이 연구에 영향을 주지 않음만큼 미비함
허역	• 고정비 • 유통비 • 차량 유지비	• 고정비 • 유통비 • 차량 유지비	
포장	• 재포장비, 인건비	• 재포장비, 인건비	

둘째로는 소초별 인원 수를 알아야 한다. 그 이유는 인원수에 따라서 부식의 적재 중량이 변동되며 차량 운행 구간 내에 있는 소초의 부식을 적재하고 이동 할 때 부식의 무게가 적재 중량 이내가 되어야 운행이 가능하기 때문이다,

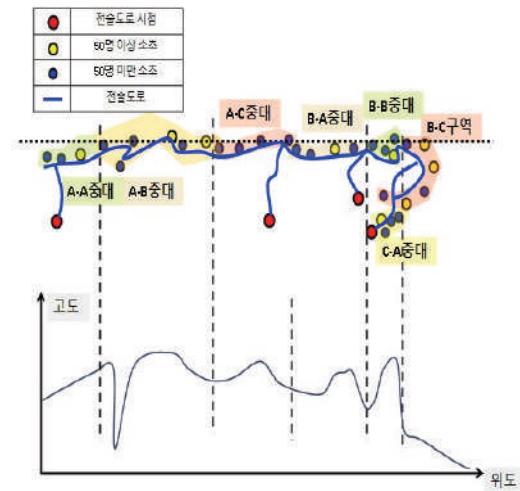
마지막으로 해당 지역의 차량 운행이 가능한 도로의 위치 데이터를 수집하여야 한다. 소초별 위치 데이터를 바탕으로 군집분석을 시행하여 적정 수준의 군집화가 이루어지더라도 해당 군집 내 소초들을 실제 운행할 수 있는지 판단하기 위해서이다.

## 4. 연구 결과

### 4.1 데이터 수집 결과

동부전선에 위치한 00사단의 2개의 GOP대대(이하 00GOP대대)의 부식작전에 관한 물류비용 조사를 위해서 현재의 부식작전 운용 실태와 소초별 위치에 대한 데이터를 수집하였다. 첫째로 부식작전의 운용 실태에 대해서 조사한

결과 OOGOP대대에서는 총 7개 중대가 각기 부식작전을 수행하고 있었고 중대별 차량 1대씩 총 7대가 작전 중 이동하고 있음을 확인하였다. 부식작전의 책임 중대와 소초별 위치 및 고도 현황, 작전간 이동이 가능한 전술도로의 현황에 대한 데이터는 아래 <그림 4-1>와 같다. 보안상의 이유로 지도를 제거하였으며 고도를 따로 표시하였다.



<그림 4-1> 중대별 소초 위치 및 고도, 전술도로 현황

한편, 소초별 부식 작전에 대한 현황을 파악하기 위해 소초별 인원, 부식 수량 및 차량별 이동거리와 적재 상태에 대한 데이터를 수집한 것이 <표 4-1>과 같다.

<표 4-1> 소초별 인원, 부식, 수량 및 차량별 적재 현황

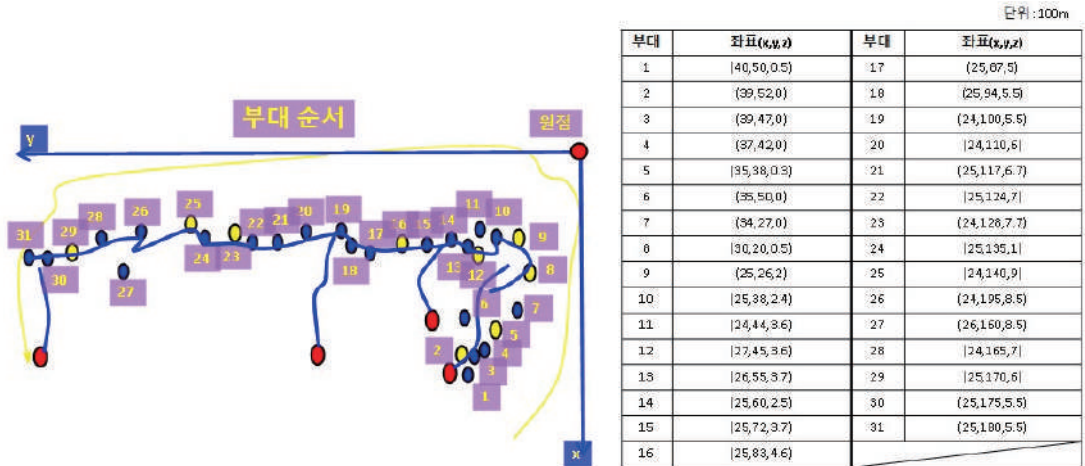
구분	CA	B-C	B-B	B-A	A-C	A-B	A-A	계	참고
부대 (○/●)	5 (2/3)	5 (2/3)	4 (1/3)	4 (1/3)	4 (0/4)	6 (2/4)	3 (1/2)	31 (9/21)	부식거량: 30이하 운행 (최대 35t)
적재 중량	55% (1.4t)	55% (1.4t)	45% (1.1t)	40% (1t)	40% (0.8t)	65% (1.6t)	35% (0.8t)	각대 650디만	1회 운반 기준(3일치 부식) ○/● : 400/200kg
이동 거리	9.7km	19km	15.3km	20.3km	23.8km	26.3km	12.1km	136km	민통선 이북지역 이동으로 한정

데이터 수집 간 전 중대가 모두 부식은 2.5t 차량으로 수송하고 있음을 확인하였다. 데이터 수집결과 부식 작전간 운행차량은 모두 적재기준인 3t에 절반도 되지 않는 수량만을 적재하고 이동함을 알 수 있었다. GOP 전술도로의 안정성을 판단했을 때 적재 중량의 약 85%를 싣고 운행하도록 통제하고 있어 최대 적재중량 3.5t 대비 약 3t까지 싣고 운행할 수 있으나 중대별로 부식 수송을 하다보니 차량의 적재 능력보다 적은 양을 싣고 차량이 움직이고 있다는 것을 확인할 수 있다. 해당 데이터를 토대로 육군 교범 상에 명시하고 있는 값을 인용하여 물류비용 산출식을 적용하면 식 (1) 과 같이 정의할 수 있다. 육군 교범 상에는 2.5t 차량의 연비를 2.62km/L로 정의하고 있으며 2.5t 차량의 유지비용은 1,325,000원/대(년)으로 정의하고 있다.

$$M = \sum_{i=1}^n k(c_i + \frac{l_i}{v_i} \times f) \dots\dots\dots (1)$$

- $i$  : 일련번호
- $n$  : 총 차량대수
- $k$  : 시간(년)
- $c_i$  : 차량유지비용
- $v_i$  : 차량연비
- $l_i$  : 차량의 운행거리
- $f$  : 연료비용

이때 기존 부식수송간 발생하는 물류비용 M은 전 중대별 차량이 동일하기 때문에  $i$ 가 모두 동일하다고 할 수 있다.  $i$ 가 동일하므로 중대별 차량의 운행거리  $l$ 도 모두 단순 합 연산이 가능하다. 연료비는 L당 1400원이 발생한다고 가정하면 1년의 차량 운행에 들어가는 물류비는 약 974만 9천원이 소요됨을 확인할 수 있다.



<그림 4-2> 소초별 위치 데이터

## 4.2 데이터 전처리 및 K-means 군집분석 결과

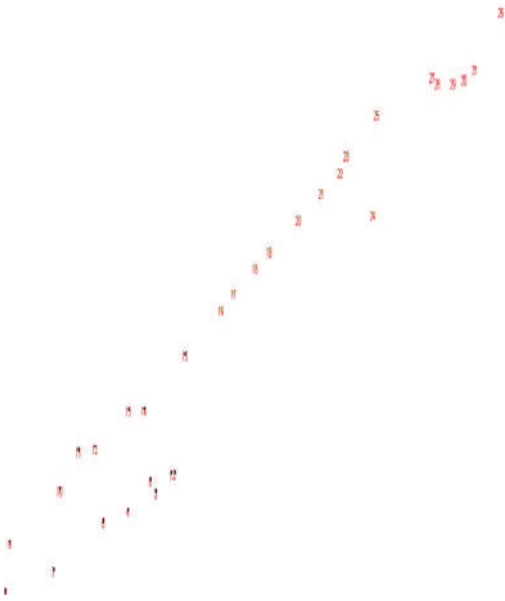
1단계에서 수집된 데이터를 확인해본 결과 대다수의 차량이 적재중량의 50% 미만으로 운행하고 있음을 확인할 수 있었다. 이를 통해 차량 운행의 경로를 조금 더 효율적으로 조정한다면 적재중량도 높이고 부식 수송 차량도 줄일 수 있음을 예측해볼 수 있었다. 또, 00사단에서 GOP로 부식을 수송할 수 있는 전술도로는 4개소가 있는데 총 7대의 차량이 부식수송을 위해 움직이고 있었다. 전술도로보다 차량의 대수가 더 많으므로 어떤 전술도로는 여러 차량이 운행함을 알 수 있으며 이로 인한 유류비가 과도하게 지출되고 있음을 알 수 있었다. 불필요한 유류비의 사용과 차량 운행의 문제점을 해결하기 위해서는 차량별로 부식을 추가 적재하고 운행 경로를 조정하여 차량별 운행 소초를 조정함으로써 부식 작전에 필요한 차량수를 줄여야 한다. 차량 수가 줄어들면 운행거리는 자연스럽게 감소할 것이다.

1단계에서 식별된 문제점은 건재단위 행동으로 인해서 발생하는 것이다. 부식 수송도 중대별로 실시하다보니 중대별 소초의 개수가 적어

이에 따른 부식량이 차량의 적재기준보다 한참 미치지 못하게 되는 것이며 중대별 차량 운행이 되다 보니 불필요한 운행이 많아져서 유류비가 과도하게 지출되는 것이다. 이에 건재단위 수송이 아닌 차량의 적재 능력을 기준으로 소초를 배정해야 한다고 판단하였다. 효율적인 소초 배정을 위하여 데이터 마이닝 기법 중 비지도학습 기법 중에서도 군집분석을 수행하기로 한다. 군집분석이란 데이터 간의 유사도를 정의하고 그 유사도에 가까운 것부터 순서대로 합쳐가는 방법을 말한다[9]. 군집분석을 수행하기 위해 1단계에서 수집한 소초별 위치 데이터를 3차원 데이터로 나타내면 <그림4-2>과 같다.

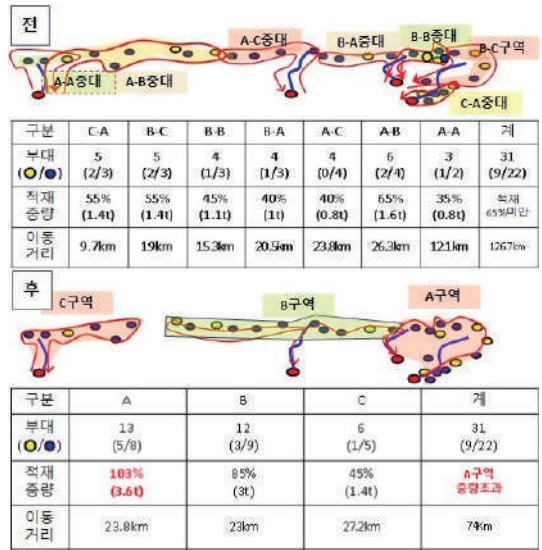
소초별로 일련 번호로 부여함으로써 군집분석간 군집으로 형성된 소초들을 확인할 수 있다. <그림 4-2>의 데이터를 이용하여 K-means 군집분석을 실시해보면 소초별로 K개의 군집이 형성됨을 볼 수 있을 것이다. K-means 군집분석이란 원하는 군집 수만큼 초기 k개를 지정하고, k개를 중심으로 소초별 최적의 군집을 찾아내는 과정이다. 최초 k개의 군집이 만들어지면 군집 내 소초들의 위치에 따른 중심값이 정해지며 이 중심값에서 소초들 간의 거리의 평균이 구해지게 된다. 여기서 구

해진 평균이 각 군집별 점수이며 평균이 낮을수록 중심에 더 밀집한 소초의 군집이라는 의미로 더 좋은 군집임을 의미한다. 군집 내의 소초들을 일부 조정해가며 군집별 평균값이 조정되며 군집 내 소초들이 중심을 기준으로 상대적으로 가장 밀접하게 모였다고 판단되면 그 k개의 군집을 최종 군집으로 판단한다[9]. R프로그램을 활용하여 k=3에 대하여 K-means 군집분석을 실시한 결과는 <그림 4-3>와 같다.



<그림 4-3> K-means 군집분석 결과(k=3)

K-means 군집분석 결과를 바탕으로 군집화된 소초 번호가 나열이 되었으며 <그림4-3>의 왼쪽 검은 점들이 <그림 4-4>의 A구역, 가운데 초록색 점들이 B 구역, 오른쪽에 적색점들이 C 구역이 된다. <그림 4-1> 와 <표 3-1>를 참고하여 군집분석 결과를 토대로 부식수송의 전, 후 과정을 정리해보면 <그림 4-4>와 같다.

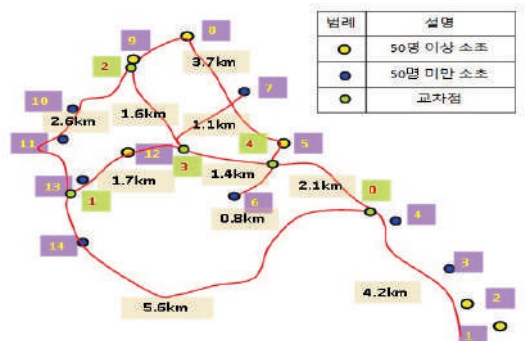


<그림 4-4> 군집분석 결과를 토대로 부식운행차량 재조정

재조정 결과 <그림 4-4>의 새로 정의한 A구역을 운행하게될 부식수송 차량의 중량이 초과됨을 확인할 수 있었으며 A구역에 대해서 할당할 소초들을 재조정하여 부식수송 차량을 증원하고 중량을 재조정할 필요가 있음을 확인할 수 있다.

### 4.3 Dijkstra 알고리즘을 활용한 수리적 분석

2단계의 군집분석을 통해 부식수송 차량을 재조정하는 과정에서 <그림 4-4>의 A구역을 운행할 부식차량의 중량이 초과하는 문제점을 식별하였다. 이를 해결하기 위해 A구역을 조금 더 확대해서 나타내면 <그림 4-5>과 같다.



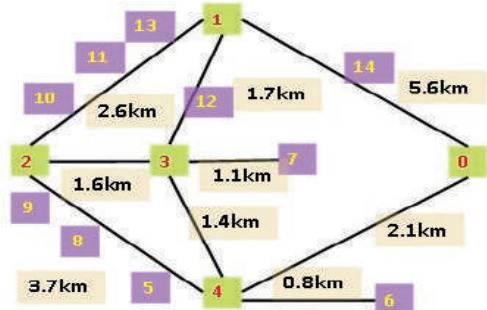
<그림 4-5> A구역의 소초 위치와 전술도로

A구역에서는 부식차량을 2대 운용하게 되므로 적재중량은 3t 아래로 조정될 것이다. 따라서 적재중량을 고려하지 않는다면 최단거리로 이동하는 것이 물류비용을 가장 절감할 수 있는 최선의 방법이므로 위 문제는 최단거리에 관한 문제가 되며 본 연구에서 구하고자 하는 것은 0번 교차점에서 출발하는 것으로 하여, 1번, 2번, 3번, 4번 교차점들을 지나면서 <그림 4-5>에 위치한 5번부터 14번까지의 소초들에 부식을 최단거리로 수송할 수 있는지가 된다. 따라서 본 연구에서는 Dijkstra 알고리즘을 사용하여 두 차량의 운행거리를 최소화하는 경로를 구해보았다. 한편 <그림 4-5>에서 1번부터 4번까지 위치하고 있는 소초들은 민통선 이남에 위치한 소초들이다. 본 연구에서는 <표 3-1>에서 언급하였듯이 민통선 이북의 이동에 대해서만 한정한다고 하였는데 그 이유는 <그림 4-4>의 A구역으로 이동하기 위해서는 반드시 <그림 4-5>의 교차점 0지점을 지나야 하는데 지나오면서 1번 소초부터 4번 소초까지는 지나게 되어 있으므로 2대의 차량 중 어디에 적재하여도 부식을 전달할 수 있기 때문에 최단거리 문제에서는 1번부터 4번 소초는 고려하지 않기로 하고 차량에 부식을 적재하는 적재를 판단시에만 고려하기로 한다. 최단거리 문제 해결을 위해 R프로그램을 이용하여 그려보면 <그림 4-6>과 같다.



<그림 4-6> A구역의 소초 위치와 전술도로

<그림 4-6>에서의 a에서부터 e까지는 <그림 4-5>의 교차점 0부터 4까지를 나타내며, <그림 4-6>의 e와 f는 <그림 4-5>의 6번과 7번 소초를 나타낸다. <그림 4-6>을 Dijkstra 알고리즘 활용을 위해 알아보기 쉽게 정리하면 <그림 4-7>과 같다.



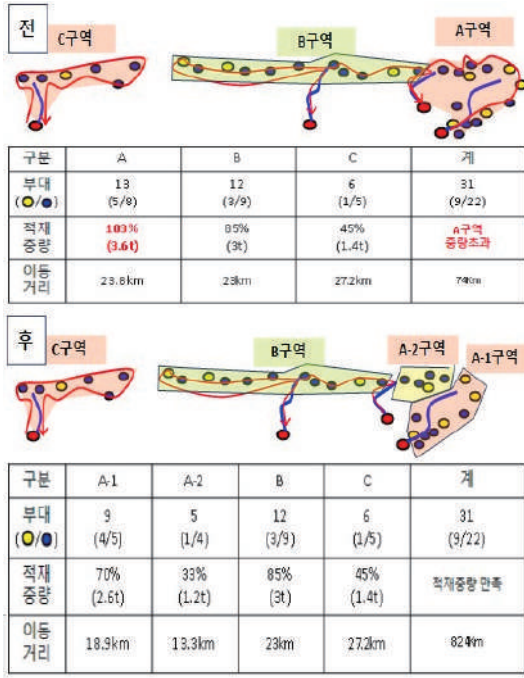
<그림 4-7> Dijkstra 알고리즘 활용

<그림 4-7>에 대하여 R프로그램을 이용하여 최단거리를 구해보면 0번 교차점에서 4번 교차점과 3번 교차점을 거쳐 2번 교차점으로 갈 때 5.1km로 최단거리임을 확인할 수 있었다. 따라서 부식차량을 움직일 때 해당 경로를 이용하도록 운행로를 구성해야 최단거리로 운행할 수 있는 것이다. 6번과 7번 소초는 교차점에서 다른 교차점으로 이어진 곳이 아닌, 교차점으로 다시 돌아와야하는 소초이고 최단거리를 지나는 교차점에서 이동이 가능한 소초이므로 적재량에만 제한을 받지 않는다면 어느 부식차량이 이동해도 상관이 없으며 교차점으로부터 소초까지의 왕복거리만 더해지면 된다. 앞서 구해준 최단거리 경로를 포함하여 모든 소초를 지나는 경로를 구성하면 <표 4-2>과 같다.

<표 4-2> 최단거리 경로를 포함한 소초 운행 경로

구분	교차점	운행 소초
1번 부식차	0 → 4 → 2 → 최단경로 → 0	5, 8, 9
2번 부식차	0 → 1 → 2 → 최단경로 → 0	10, 11, 12, 13, 14
최단경로	0 → 4 → 3 → 2	

<표 4-2>을 토대로 A구역을 조정한 결과를 <그림 4-4>와 비교하면 <그림 4-8>와 같다.

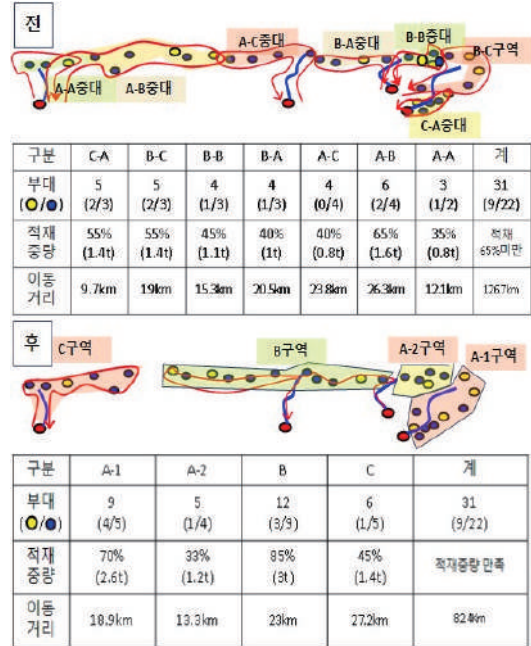


<그림 4-8> A구역의 조정 결과

<그림 4-8>에서 보면 A구역이 A-1구역과 A-2구역으로 조정됨에 따라 부식차량의 적재중량이 만족함을 확인할 수 있으며 A-1, A-2, B, C구역 4개의 지역으로 조정됨을 확인할 수 있다. <그림 4-8>에서 A-1 구역의 부식차량 9개의 소초(1번 ~ 9번 소초)를 배정받아 부식을 수송하는 것으로 정하였다. 앞서 설명한 바대로 본 연구의 범위는 민통선 이북 지역이며 이에 따라 민통선 이남 지역에 위치한 1번부터 4번 소초는 부식 적재 중량과 거리만을 계산하였으며 6번과 7번 소초는 교차점과 교차점 사이에 위치한 소초가 아니므로 교차점에서 소초까지의 왕복거리를 계산해서 이동거리에 반영하였으며 적재 중량은 A-1구역의 부식차량에 반영하였다.

#### 4.4 물류비용 절감 결과

2단계와 3단계에서 K-means 군집분석과 Dijkstra 알고리즘을 활용하여 현재의 부식운용모습을 개선한 결과는 <그림 4-9>과 같으며 <그림 4-9>의 결과를 토대로 식 (1) 활용하여 현재 물류비용과 절감된 물류비용을 구하여 비교해볼 수 있다.



<그림 4-9> 부식지역 및 운행 차량 대수 조정 결과

<그림 4-9>에 의하여 기존에는 중대별 7개 구역에 대하여 7대의 부식 차량이 운행되었으나 개선된 후에는 A-1, A-2, B, C의 4개 구역에 대하여 운행되는 부식 차량 4대가 운행됨을 알 수 있으며 7대를 운행하게 되면 운행거리는 126.7km 이나 4대만을 운행시 운행거리는 82.4km로 각각 감소함을 알 수 있었다. 개선된 결과에 따른 물류비용은 현재와 리터당 연료비가 같다고 할 때 547만 6천원으로 약 44%의 물류비용이 절감되는 것으로 예상할 수 있다. 이를 현장에 적용하여 물류비용의 절감을 가져오기 위해서는 현재의 제대단위 부식 수송

의 방식에 변화를 주어야 한다고 판단되며 GOP대대의 상급 제대인 사단에서 통제하여 보다 효율적인 부식 수송 경로를 파악하고 우리에게 가용한 차량의 능력을 효율적으로 사용하면 <그림 4-9>과 같은 결과를 충분히 얻을 수 있을 것이다.

## 5. 결론 및 향후 연구

본 연구에서는 실제 GOP대대에서 이루어지고 있는 부식작전에 대한 데이터를 수집하여 K-means 군집분석과 Dijkstra 알고리즘을 활용하여 물류비용을 절감할 수 있는 방법론을 제시하였다. 또한 그동안 이루어지지 않았던 하급 제대에서의 물류비용 절감에 대한 연구를 통하여 실제 방법론을 적용하는 방법과 부대별 제한 사항에 도출에 따른 방법론의 적용 사례를 제시하였다. 연구간에 실제 GOP대대의 부식수송 사례를 바탕으로 제대 중심의 수송에서 벗어나 데이터 마이닝 기법과 수리적인 기법을 활용하였을 때 물류비용을 절감할 수 있는지를 알아보는 사례 분석을 하였다.

본 연구의 방법론과 연구결과를 활용하였을 때의 이점은 첫째로 제대별로 시행하고 있는 작업에 대한 재판단이 가능하다는 것이다. 군은 전시에 건재 단위, 제대 단위 활동을 많이 하므로 이것이 평시에까지 이어지는 경우가 많았다. 부식 수송과 마찬가지로 생활 쓰레기 배출이나 우편물 처리 등 평시 생활하면서 고정적으로 수행해야 하는 과업들이 많을 것이다. 이러한 과업들은 부식수송과 같은 성격을 가지므로 제대별로 판단하는 것이 아닌 보유하고 있는 가용자산의 능력과 경로 상의 유사한 장소를 하나의 지역으로 판단하는 등의 방안을 강구한다면 더 효과적으로 예산을 절감하는 데 기여할 수 있을 것이다. 둘째로 제한사항을 고려하여 현장에 맞

는 해결방안을 제시함으로써 즉각 적용하기 쉽다는 점이다. 본 연구에서의 결과는 사례로 적용한 GOP대대의 실제 위치 정보와 부대의 가용자산, 지형적인 조건과 제한사항을 반영하여 이에 맞는 방법론을 적용한 것이기 때문에 현장에서 바로 적용할 수 있다. 마찬가지로 이와 유사한 사례에 대해서도 해당 부대에서는 본 연구의 방법론을 그대로 적용하거나 비슷하게 적용해 볼 수도 있다. 셋째로 절감되는 예산을 조금 더 필요한 곳에 사용할 수 있다는 점이다. 군의 예산은 제한적으로 매년 부족한 것이 사실이다. 본 연구를 통해 절감된 예산이 하나의 부대 입장에서는 적은 돈일지 몰라도 육군 전체로 보면 굉장히 큰 예산의 절감으로 다가올 것이다. 이러한 방법론을 적용하여 예산을 절감한다면 절감된 예산을 더 필요한 곳에 사용할 수 있기에 매우 효율적이라고 할 수 있다.

본 연구의 한계점으로는 첫째, 시간이 고려되지 않았다는 점이다. 현실에서는 일과시간이 제한되어 있으며 제한된 일과 속에서 업무를 하다 보니 다음 날로 밀릴 수도 있다. 그러면 전날에 갔던 운행거리를 다시 가야하는 일이 발생할 수 있으며 또한 예기치 못한 일이 발생하여 기존의 정해진 시간 안에서 이루어지지 않을 가능성도 있다. 이에 따라 물류비용이 추가로 발생할 수 있다. 둘째, 연구 대상이나 범위가 다소 지엽적이라는 것이다. 하급제대를 연구 대상으로 하다보니 연구의 방법론이나 결과가 적용되는 분야 또한 지엽적이므로 조건이 조금만 변경되더라도 적용하기 어려운 측면이 존재한다.

향후 본 연구의 결과에 '시간'에 대한 요소를 추가로 반영하고 하급제대 별 제한사항을 데이터화하여 정형화하고 이를 연구에 반영하여 공통적인 사항에 대하여 데이터 마이닝 기법이나 수리적인 방법을 이용하여 방법론을 구축한다면 더욱 포괄적인 상황에서의 적용이 가능할 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] 한국교통연구원. 『2016 국가물류비 조사 및 산정』. 2016.
- [2] 통계청. 『기업물류비 실태조사』. 2022
- [3] 한국생산성본부. 『기업물류비 계산준칙』. 1989.
- [4] 정희운, 이선화, 유익수. “데이터 마이닝 기법을 활용한 제조 기업 물류비용 절감 방안에 대한 연구 : 도료 제조 기업 사례를 중심으로”. 정보화연구, 297 - 306p, 2020.
- [5] 이선모, "물류센터 거점 변화가 물류비용과 물류 서비스에 미치는 영향에 관한 연구". 중앙대학교 글로벌인적자원개발대학원, 2023.
- [6] 박진우, 강성진. “국방 물류비용 추정 모델에 관한 연구, 육군 피복류를 중심으로”. 한국국방경영분석학회집 제 32권 제2호, 2006.
- [7] 장성환, “군수지원간 물류비용에 관한 연구”. 국방대학교, 2007.
- [8] 육군본부. 『상황평가 및 판단제원』. 2018.
- [9] 박유성, "파이썬을 이용한 통계적 머신러닝". 파주 자유아카데미, 2023

## 저 자 소 개



**조윤형 (E-mail: cho0607@naver.com)**

2017 육군사관학교 운영분석 학사  
현재 국방대학교 군사운영분석전공 석사과정  
관심분야 : 텍스트 마이닝, 데이터과학, 국방 AI



**문호석 (E-mail: hsmoon0329@gmail.com)**

1994 육군사관학교 화학과 학사  
2003 고려대학교 전자공학 석사  
2006 고려대학교 산업공학 박사  
2010 고려대학교 통계학 박사  
현재 국방대학교 군사운영분석전공 교수  
국가안전보장문제연구소  
군사과학연구센터장  
관심분야 : KCTC 빅데이터분석, 데이터과학,  
국방 AI, M&S

