

군사과학연구

Journal of Military Science and Technology Studies

ISSN 1975-3888

제17권 제1호 2024년 6월



연구논문

NetLogo를 활용한 지뢰제거작전간 작전환경과 팀 구성이 작전에 미치는 영향에 관한 연구

박재형 · 윤봉규

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

조요형 · 문호석

베이지안 네트워크에 기반한 지상작전 의사결정 지원모델 - 대대급 방어작전을 중심으로

최태수 · 김광희 · 이두열

다양성과 영양소를 고려한 군 표준식단 자동화 방법론 연구

나지선 · 문호석



군사과학연구

Journal of Military Science and Technology Studies

ISSN 1975-3888
제17권 제1호 2024년 6월



연구논문

- NetLogo를 활용한 지뢰제거작전간 작전환경과 팀 구성이 작전에 미치는 영향에 관한 연구 ————— 박재형 · 윤봉규 1
- K-means 군집분석 및 Dijkstra 알고리즘을 활용한 군 부식수송비용 절감 방안 연구 ————— 조윤형 · 문호석 11
- 베이지안 네트워크에 기반한 지상작전 의사결정 지원모델 - 대대급 방어작전을 중심으로 ————— 최태수 · 김광희 · 이두열 23
- 다양성과 영양소를 고려한 군 표준식단 자동화 방법론 연구 ————— 나지선 · 문호석 35



국방대학교
국가안전보장문제연구소



Research Papers

- Investigation of the Effects of Mine Clearance Operation Depending on Environment and Team Composition using NetLogo
/ **Jaehyung Park · Bongyoo Yoon** 1
- A Study on the Reducing the Costs of Military Food Transportation Using K-means cluster and Dijkstra Algorithm
/ **Younhyeong Cho · Hoseok Moon** 11
- Ground operation decision support model based on Bayesian Networks concentrated on the defense operation of the battalion
/ **Taesu Choi · Kwanghee Kim · Dooyoul Lee** 23
- Automated Meal Planning Methodology Considering Diversity and Nutrients
/ **Jiseon Na · Hoseok Moon** 35

NetLogo를 활용한 작전환경과 팀 구성이 지뢰제거작전에 미치는 영향에 관한 연구

Investigation of the Effects of Mine Clearance Operation Depending on Environment and Team Composition using NetLogo

박재형¹⁾ · 윤봉규²⁾

Jaehyung Park · Bongkyoo Yoon

ABSTRACT

The army is conducting mine clearance operations in various front and rear areas, and this will continue to be a crucial operation in the future. However, there is a limitation in that these operations are primarily prepared and executed based on the experiential factors of the commander. In order to secure the scientific logic and rationale of the operations, we utilized an agent-based model to analyze the impact of factors such as the mine emplacement rate, the density of trees, and the composition of personnel on the operation time. Additionally, to enhance the reality of the model, we applied terrain information to NetLogo, enabling simulation that reflects the terrain information of the planned operational area. The validation of the simulation model was conducted by comparing the values obtained through equation-based analytical models with the simulation results. As a result, the optimal were personnel and team composition options for each operational environment could be calculated, and differences in operation time based on safety distances were identified.

Keywords : ABM, Markov chain, NetLogo, Mine clearance operation, GIS

논문접수일 : 2024년 4월 6일, 심사일 : 2024년 6월 3일, 게재확정일 : 2024년 6월 9일

1) 육군 5군단 5공병여단 131대대 정보작전과장

2) 국방대학교 관리대학원장 · 군사운영분석전공 교수 / 교신저자

1. 서론

우리나라에는 전국적으로 수만개의 지뢰가 매설되어 있는 것으로 추정된다[1]. 정확한 계산이 아닌 추정을 하는 이유는 과거부터 매설한 지뢰의 양과 이후 제거한 양이 완전히 기록되지 않았기 때문이다. 심지어 우리의 생활권인 대도시 주변 산악지형에도 잔존하고 있어 등산객 등 민간인의 피해가 발생하는 경우도 있다.

육군은 매년 전후방 각지에서 수십 건의 지뢰제거작전을 실시하고 있으며 앞으로도 지뢰제거작전은 지속적으로 수행될 중요한 작전이다. 하지만 지뢰제거작전은 작전인원의 규모나 팀 구성방안을 판단할 때 주로 지휘관의 과거 작전경험에 의존하여 주관적으로 판단하는 경우가 많았다.

본 연구에서는 NetLogo Simulation 모형을 활용하여 의사결정의 과학적 근거를 확보하기 위해 지뢰매설비율, 수목의 우거짐과 인원 구성이 작전소요시간에 미치는 영향을 분석하였다.

지뢰제거작전은 땅 속에 묻혀있는 지뢰를 탐색한 뒤 제거하는 절차를 가진 공병작전이라는 점에서 탐색이론 및 공병작전 연구와 맥락을 같이하고 있다. 탐색이론은 Koopman[14]의 연구에 뿌리를 두고 있다. Koopman은 표적과 탐색자의 기하학적 요인을 분석하고 탐색 패턴별 확률분포에 대한 이론 등을 제시하였다[15][16][17]. 이를 기반으로 박영만·신성철[2], 신성철[3], 최민우·조남석[4], 백민승·윤봉규[5]등 탐색이론과 관련된 다양한 국내외 연구가 있지만 대부분 탐색이론을 통한 적 세력의 식별방법에 초점을 맞추어 탐색 이후 수목 / 지뢰를 제거하는 추가 작전이 중요한 지뢰제거작전 분석에 활용하기는 한계가 있다.

한편, 공병작전과 관련된 연구는 장영초·이문걸[6], 박세환·이문걸[7], 박종복·안남수[8]가 있지만 공병작전 중 포병진지구축에 관

한 내용이며 전장의 다양한 환경변화와 작전방식을 반영한 분석방안을 제시하지 못했다.

본 연구에서는 탐색과 이후 작전절차를 모두 고려하면서도 전장의 다양한 환경과 작전방식을 고려하여 지뢰제거작전 분석이 가능한 모형을 구축했다.

이를 위해 2장에서는 지뢰제거작전의 절차를 설명하고 지뢰제거작전 분석을 위한 시뮬레이션 모형을 구현하였으며, 흡수 마코프체인을 활용한 방정식 기반 모형의 결과와 비교하여 시뮬레이션 모형을 검증했다. 3장에서는 검증된 시뮬레이션 모형을 활용하여 작전환경과 작전인원이 작전소요시간에 미치는 영향과 안전거리별 작전소요시간 등을 분석하여 향후 지뢰제거작전 수립에 활용할 수 있는 환경에 따른 고려사항과 팀 구성 방식에 대한 시사점을 제시했다.

2. 지뢰제거작전 분석모형

2.1 지뢰제거작전 절차

지뢰제거작전은 장비에 의한 지뢰제거와 인력에 의한 지뢰제거로 나뉜다. 인력에 의한 지뢰제거는 전·평시 상황에서 좁은지역, 또는 지뢰제거 장비가 투입될 수 없는 지역에 매설된 지뢰를 제거하기 위해 실시된다. 장비에 의한 지뢰제거에 비해 오랜 시간이 소요된다는 단점이 있으나 대부분의 지형에서 작전이 가능하다는 장점이 있다. 본 연구에서는 인력에 의한 지뢰제거작전의 모형을 구축하고 분석하였다.

인력에 의한 지뢰제거작전은 탐지병, 수목제거병, 탐침병이 임무수행하며 1차 탐지 → 수목제거 → 2차 탐지 → 탐침(지뢰제거) 절차로 진행된다[9][10].

1차 탐지는 탐지병이 수풀이 우거진 지역에 대해 수목제거병의 작업공간을 탐지하는 것이다.

1차 탐지 이후 수목제거병은 탐지가 완료된 구역으로 이동하여 수목을 제거한다. 수목이 우거질 경우 탐지병의 전진이 어렵고 낙엽 등의 부엽토가 퇴적되어 있을 경우 지면 아래까지 충분한 탐지가 제한되어 지뢰가 매설되어 있어도 지나칠 수 있기 때문이다.

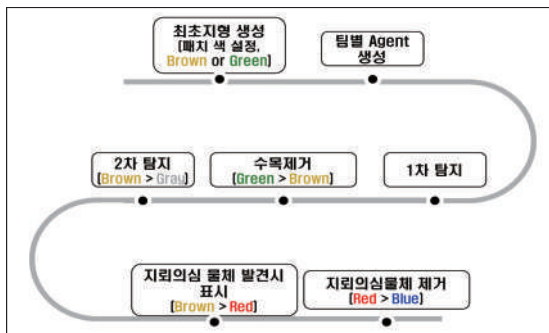
2차 탐지는 수목제거 이후 정밀탐지 하는 과정이다. 지뢰의심물체가 탐지되면 구역을 정확히 표시한 후 계속 진행한다. 탐침병은 다른 팀과 안전거리가 확보되면 지뢰의심물체가 있는 곳으로 이동하여 탐침을 실시한다. 탐침결과 지뢰가 아닌 일반적인 금속 재질의 물체라면 휴대낭에 회수하고 지뢰일 경우 상황에 따라 안전거리를 추가 확보하는 등의 안전조치 후 제거한다.

2.2 NetLogo 모델링

본 연구에서는 NetLogo를 활용하여 지뢰제거 작전간 작전환경 및 인원 구성이 작전에 어떤 영향을 미치는지 알아본다. NetLogo는 “낮은 진입장벽, 그러나 천장은 없게”를 슬로건으로 한 ABM의 대표적인 언어이다[11].

앞서 살펴본 지뢰제거작전 절차를 NetLogo 모형에 적용하기 위한 순서도는 <그림 2-1>과 같다.

위 순서도를 기반으로 모형을 구축하면 지형별 패치 색을 설정하고 Agent를 생성하는



<그림 2-1> 지뢰제거작전 순서도

‘setup’ 절차와 Agent 들이 주어진 임무를 수행하는 ‘go’ 절차로 구성된다. 지뢰제거작전 모형의 Pseudo Code는 <그림 2-2>과 같다.

```

setup
1 ask patches ; 최초 패치색 설정
2 set pcolor brown
3 if pcolor brown and random-float 1.0 <
  tree-probability then
  change pcolor green
  ; 수목비율에 따라 초록색으로 변경
4 create n detectors, m tree-removals and
  x excavators
go
1 ask detectors ; 탐지병 행동설정
2 if pcolor of patch-here = brown then
3 if random-float 1.0 < mine-probability
  then
  change pcolor red and add
  patch-here to mine-location
4 if pcolor of patch-here = green then
  add patch-here to tree-location and
  move back
5 ask tree-removals ; 수목제거병 행동설정
6 if tree-location = 0 then
  follow the detector
7 if tree-location != 0 then
8 move to tree-location and arrival at
  tree-location then
  remove the tree
9 ask excavators ; 탐침병 행동설정
10 if mine-location = 0 then
  follow the tree-removals
11 if mine-location != 0 then
12 move to mine-location and arrival at
  mine-location then
  check the safe-distance and
  remove the mine
end
  
```

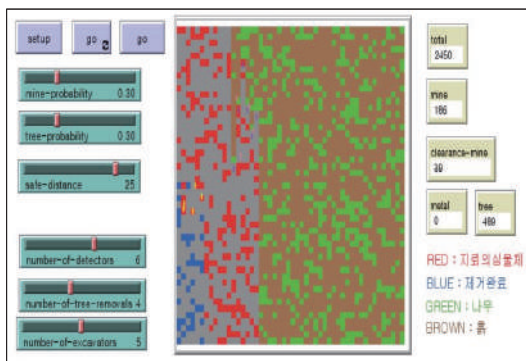
<그림 2-2> 지뢰제거작전 Pseudo code

<그림 2-2>의 setup 절차는 수목이 없는 흙을 나타내도록 패치의 색을 갈색으로 설정한 뒤, tree-probability의 확률로 갈색의 패치를 수목을 나타내는 초록색으로 바꾸는 것이다. 이후 탐지병은 detectors, 수목제거병은 tree-removals, 탐침병은 excavators로 생성하였다. 'go' 절차는 각 Agent가 주어진 임무를 수행하는 과정이다. 먼저 탐지병은 갈색 패치(흙)에 도착하면 mine-probability의 확률로 지뢰의심물체를 탐지하고 패치 색을 빨간색으로 바꾼다. 그 뒤 패치 위치를 mine-location에 저장한다. 나무에 도착하면 tree-location에 패치 위치를 저장하고 뒤로 물러선다.

수목제거병은 tree-location에 저장된 나무가 없으면 탐지병을 따라다니고 저장된 나무가 있다면 그 나무로 이동하여 나무를 제거한다.

탐침병은 mine-location에 저장된 지뢰의심물체가 없으면 수목제거병을 따라다니며 저장된 지뢰의심물체가 있다면 그 의심물체로 이동하여 안전거리를 확보한 후 제거한다.

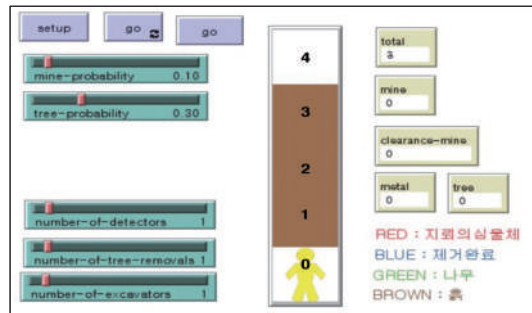
지금까지 설명한 절차를 반영한 지뢰제거작전 NetLogo 모형의 사용자 인터페이스 화면은 <그림 2-3>과 같다.



<그림 2-3> 지뢰제거작전 NetLogo 모형

2.3 방정식 기반 분석적 모형을 활용한 모델 검증

본 연구에서는 방정식 기반 분석적 모형인 마코비안 모델을 통해 산출한 값과 <그림 2-4>과 같이 5칸으로 구성된 지뢰제거작전 검증모형을 통해 산출한 값을 비교하여 모형을 검증한다. 마코비안 모델 중 흡수 마코프 체인은 지뢰제거작전과 같이 여러 절차로 이뤄진 활동들의 소요시간을 측정하는데 유용한 분석적(Analytic) 모형이다.



<그림 2-4> 지뢰제거작전 검증모형

흡수 마코프체인의 전이확률은 식 (1)과 같이 구성된다.

$$P = \begin{bmatrix} QR & \\ 0 & I \end{bmatrix} \quad (1)$$

$[\cdot]$ 를 행렬 i 행 j 열 원소라고 정의하면 $[Q]_{ij}$ 는 일시상태 i 에서 j 로 전이할 확률을 나타내고 $[R]_{ij}$ 는 일시상태 i 에서 j 로 흡수될 확률을 나타낸다. $[E]_{ij}$ 를 상태 i 에서 시작하여 흡수 될 때까지 j 를 방문한 횟수로 정의하면 $[Q^n]_{ij}$ 는 n 번만에 j 를 방문할 확률이며 방문 할 때마다 횟수 1회가 누적되므로 $[E]_{ij}$ 는 식 (2)로 간단히 할 수 있다[12].

$$E = Q + Q^2 + \dots + Q^\infty = (I - Q)^{-1} \quad (2)$$

정리하면 $(I-Q)^{-1}$ 의 첫 행을 모두 합하면 작전완료까지 평균 소요시간을 산출할 수 있다.

각 상태는 3차원 순서쌍이며 차례로 탐지병, 수목제거병, 탐침병의 위치와 상태를 나타낸다. 각 상태를 표시할 때 A는 작업 중 B는 작업완료료를 나타내며 A 다음에 오는 숫자는 잔여 작업시간을 의미한다. 예를 들어 (1B 2A3 0)은 탐지병은 작업이 완료된 1번에서 대기, 수목제거병은 2번에서 작업중이며 잔여 작업시간은 3, 탐침병은 0번에서 대기 중인 상태이다.

<그림 2-5>는 검증모형에서 Agent가 셀 0에서 시작하여 셀 4에 도착하여 종료되기까지 방문할 수 있는 상태를 나타낸 전이 다이어그램이다. 이를 전이확률행렬로 표현하면 75*75 크기의 행렬이 생성된다. 전이확률행렬의 $(I-Q)^{-1}$ 구한 뒤, 행렬 첫 행의 값을 더하면 모든 Agent들이 0번에서 시작, 4번에 도착하여 종료되기 전까지 각 상태를 방문한 시간(빈도)의 합을 구할 수 있다. $(I-Q)^{-1}$ 의 첫번째 행의 합은 17.8446이다. 검증모형을 NetLogo Behavior space를 활용하여 1,000번 시뮬레이

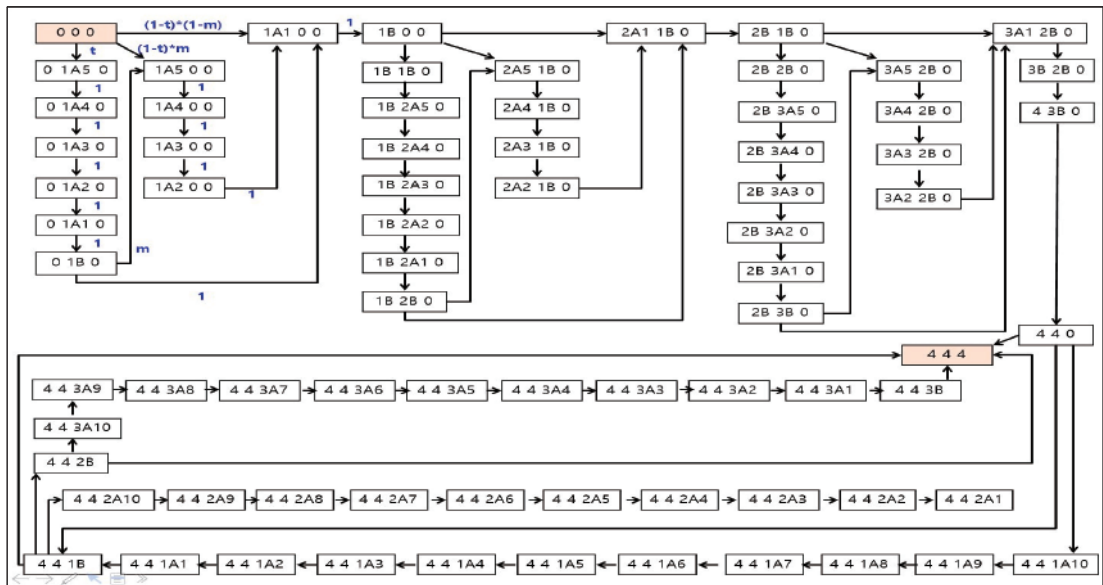
션 한 결과, 시뮬레이션 평균 소요 tick수는 17.8128임을 확인하였다.

위와 같이 방정식 기반 분석적 모형을 통해 산출한 값과 NetLogo의 시뮬레이션 결과 값이 동일하여 두 모형은 내적 타당성을 가진 검증된 모형임을 확인하였다[13].

3. 결과분석

3.1 작전환경과 팀 구성이 작전 소요시간에 미치는 영향

앞서 구축한 모형으로 작전환경과 팀 구성에 따른 작전소요시간을 분석해보았다. 지뢰제거작전은 필요한 인원보다 많은 인원이 작전에 투입될 경우 유휴병력이 발생한다. 유휴병력 발생을 최소화 하는 적정 작전인원을 판단하기 위해 적정 작전인원을 인원투입별 작전시간 감소율이 10% 미만이 되는 인원수로 설정하였다.

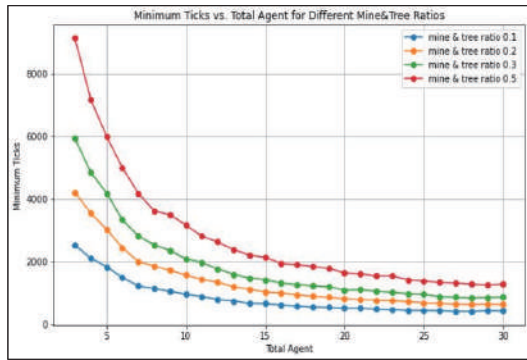


<그림 2-5> 전이 다이어그램

<표 3-1> 팀 구성 경우의 수

총 인원	단위 : 명				29				30
	3	4	1	1	10	10	9	10	
탐지병	1	2	1	1	10	10	9	10	
수목제거병	1	1	2	1	10	9	10	10	
탐침병	1	1	1	2	9	10	10	10	

작전인원은 <표 3-1>과 같이 각 팀당 1명 ~ 10명, 총 인원 3 ~ 30명의 모든 경우의 수에 대하여 실험하였으며 지뢰매설비율과 수목의 비율을 변경해가며 시뮬레이션을 실시하였다. 그 결과는 <그림 3-1>과 같이 나타났다.



<그림 3-1> 작전환경 및 작전인원별 소요시간 비교

<그림 3-1>의 X축은 총 인원수, Y축은 tick 수이며 지뢰매설 및 수목의 비율은 0.1, 0.2, 0.3, 0.5로 파랑색부터 빨강색 선이다. 시뮬레이션 결과 인원수가 증가할수록 그래프의 기울기의 변화량이 낮아지는 것을 확인할 수 있다.

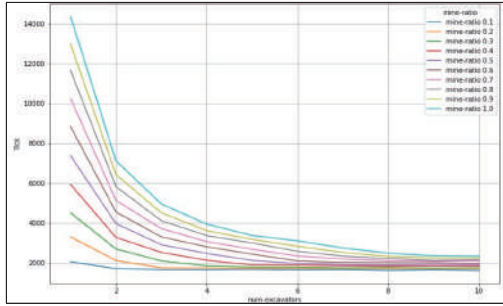
아래 <표 3-2>는 작전환경 및 인원수 별 작전시간의 감소율을 나타낸 것이다. 15명 이후부터는 인원이 추가되었을 때 작전시간 감소율이 10% 미만의 값을 보였다. 이를 통해 적정 작전인원은 15명이며 그 이후부터는 추가 인원 투입의 효과가 미비한 것을 정확한 수치로 확인하였다.

<표 3-2> 작전인원 및 작전환경별 작전시간 감소율

인원 (명)	지뢰매설 & 수목 비율			
	0.5	0.3	0.2	0.1
3	-			
4	21	18	16	16
5	17	14	15	13
6	17	20	19	18
7	16	16	18	18
8	13	10	7	6
9	4	7	8	8
10	9	11	8	9
11	11	6	9	8
12	6	10	6	11
13	9	10	11	6
14	7	7	6	11
15	4	4	9	0
16	9	7	3	8
31	2	4	6	5
32	3	3	5	5
33	3	3	3	2
34	8	9	6	6
35	1	-1	3	-1
36	4	4	2	6
37	-1	4	2	2
38	8	4	4	7
39	3	2	5	-1
40	3	8	3	3
41	1	2	3	4
42	3	2	2	1
43	2	-2	-2	-6
44	-2	-1	1	2

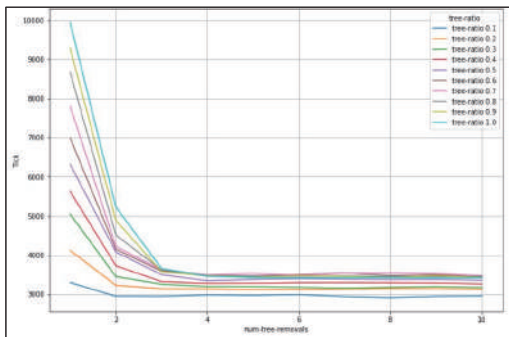
작전시간 감소율

이번에는 지뢰매설비율에 따라 탐침병의 수가 작전에 미치는 영향을 분석하기 위해 탐지병 6명, 수목제거병 4명으로 고정하고 탐침병의 수를 1 ~ 10명으로 조절해가며 시뮬레이션을 진행하였으며 결과는 <그림 3-2>와 같다.



<그림 3-2> 탐침병의 수 및 지뢰매설비율별 작전소요시간

<그림 3-2>에서 X축은 탐침병의 수 이고 Y축은 소요 tick수이다. 그래프 분석 결과 탐침병의 수가 증가할수록 그래프의 기울기 변화량이 낮아지는 것으로 보아 팀 구성간 탐침병이 8명 이상일 경우 작전소요시간에 미치는 영향이 미비하다는 것을 확인하였다.

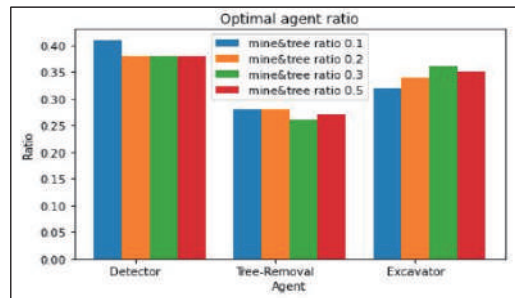


<그림 3-3> 수목제거병의 수 및 수목비율별 작전소요시간

동일하게 수목의 우거짐에 따라 수목제거병의 수가 작전에 미치는 영향을 분석하기 위해 탐침병 6명, 탐침병 5명으로 고정하며 수목제거병의 수를 1~10명으로 조절해가며 시뮬레이션을 진행하였다. 결과는 <그림 3-3>과 같이 작전면적의 절반이 수목으로 뒤덮여 있어도 수목제거병이 4명 이상일 경우 작전소요시간은 유의미하게 줄어들지 않는다는 것을 확인하였다.

그렇다면 작전소요시간 단축에 가장 큰 요소가 무엇인지 확인해 보기 위해 작전시간이 가

장 적게 소요되는 최적의 팀 구성을 분석해 보았으며 결과는 <그림 3-4>와 같다. X축은 팀 종류이며 Y축은 전체 작전인원 중 해당 팀 인원수의 비율이다. 분석결과 최적의 팀 구성 시 탐침병이 차지하는 비율이 가장 높았으며 이어서 탐침병, 수목제거병순의 비율을 보여주었다. 이는 작전환경이 달라져도 유사한 비율을 나타냈다.



<그림 3-4> 최적의 팀 구성 비율

3.2 작전방식에 따른 작전소요 시간 분석

이번 절에서는 작전방식에 따른 작전소요시간을 분석한다. 먼저 작전면적별 작전 팀 운용 방식(통합, 분할)에 따른 작전소요시간을 분석하였다. 편의상 패치 1개의 가로, 세로 길이를 1m로 가정하였으며 30회씩 시뮬레이션을 진행하였다. 먼저 작전면적이 넓은 경우 작전팀 운용 방식 별 작전소요시간 분석결과는 <표 3-3>과 같다.

<표 3-3> 넓은 면적에서 작전팀 운용방식 별 작전소요시간 분석

작전면적	작전소요시간(tick)		감소율
	30명*1팀	10명*3팀	
2601 m ²	2,272	1,874	17.5%

30명으로 구성된 1개 팀으로 작전을 진행하는 것 보다 작전면적 및 작전 팀을 3분할하여 10명씩 3팀으로 작전한 것이 17.5%의 작전소요시간 감소율을 나타냈다.

<표 3-4> 좁은 면적에서 작전팀 운용방식 별 작전소요시간 분석

작전면적	작전소요시간(tick)		감소율
	15명*1팀	5명*3팀	
867m ²	1,284	1,203	6%

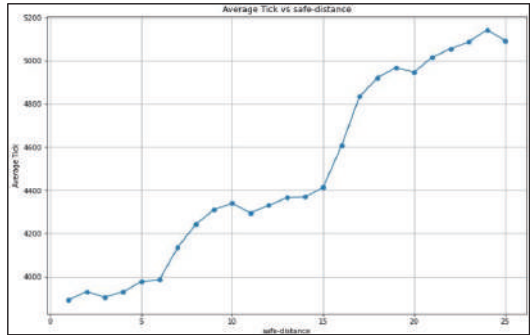
이번에는 비교적 좁은 면적에서 실험을 진행하였다. 1절에서 살펴보았듯이 일정 작전인원수부터는 인원이 추가되어도 작전소요시간에 미치는 영향이 미비하기에 정확한 분석을 위해 총 작전인원을 30명이 아닌 15명으로 축소하여 분석해 보았다. 그 결과 <표 3-4>와 같이 비교적 좁은 면적에서도 동일하게 작전면적 및 작전 팀을 3분할하여 운용하였을 때 작전소요시간이 6% 감소하였으나, 넓은 면적에 비해 작전 팀 분할의 효과가 적은 것을 확인하였다.

결과를 정리하면 주어진 작전면적이 광범위할 경우 많은 인원을 1팀으로 구성하여 작전하는 것 보다 면적과 팀을 분할하여 운용하는 것이 효과적이다.

추가적으로 작전인원간 안전거리가 작전에 미치는 영향을 알아보기 위해 탐침병의 안전거리를 0 ~ 25칸으로 변경해가며 시뮬레이션을 진행하였다. 탐침병 주변 안전거리 이내에 다른 팀원이 있으면 행동을 중지하도록 설정하고 작전소요시간을 비교하였으며 결과는 <그림 3-5>와 같다.

X축은 안전거리이며 Y축은 소요 tick수(시간)이다. 시뮬레이션 결과 안전거리 없이 작전하는 것과 최소한의 안전거리(5m)를 유지하면서 하는 것은 작전소요시간에는 큰 차이가 없으며 그 외 작전소요시간의 차이가 없는 구간

이 있다는 것을 확인하였다.



<그림 3-5> 안전거리별 작전소요시간

4. 결론 및 향후연구

본 연구에서는 NetLogo를 활용해 작전환경과 팀 구성이 지뢰제거작전에 미치는 영향에 대해 분석하였다. 그 결과 다음과 같은 사항을 확인하고 의미를 도출하였다.

첫째, 작전환경별 유효병력이 최소화되는 적정 작전인원을 판단할 수 있었으며, 탐지병이 작전소요시간 단축의 가장 큰 요소라는 것을 확인하였다. 지뢰제거작전간 주어진 시간과 인원이 제한적이라면 부대 탐지기를 통합하여 탐지병을 가능한 많이 편성하는 것이 가장 효과적일 것이다.

둘째, 작전면적이 광범위하다면 작전면적 및 작전 팀을 분할하여 운용하는 것이 효과적임을 확인하였다. 또한 안전거리 없이 작전하는 것과 일정수준의 안전거리를 유지하며 작전하는 것은 작전소요시간에 차이가 없다는 것을 확인하였다. 안전거리가 없는 것과 단 5m라도 이격하는 것은 지뢰가 폭발 했을 때 인명손상 결과에 상당한 차이가 있기 때문에 최소한의 안전거리 이격은 필수이다.

향후 본 연구의 NetLogo 모형을 바탕으로 지형정보를 지뢰제거작전 모형에 반영하여 실

제 작전 예정지역에 대한 분석을 실시한다면 지휘관이 활용 가능한 정보를 제공할 수 있을 것이다. 본 연구를 초석으로 지뢰제거작전을 안전하고 효율적으로 발전시킬 과감하고 창의적인 방안이 나오길 기대한다.

참 고 문 헌

- [1] 이현기, 마정목. (2023). “초해상화 기반 CNN을 이용한 GPR 영상에서의 지뢰분류.” 한국산학기술학회, 24(3), 91-97.
- [2] 박영만, 신성철. (2009). “수중 표적 탐색 기술 분석용 시뮬레이션 시스템 설계 및 개발.” 한국정보통신학회, 13(12), 2753-2758.
- [3] 신성철. (2011). “HMS를 이용한 수중표적 탐색효과에 관한 연구.” 한국해양정보통신학회 추계학술대회, 708 - 711.
- [4] 최민우, 조남석. (2019). “정찰 드론의 탐색 경로에 대한 시뮬레이션 연구.” 한국시뮬레이션학회, 28(1), 23-39.
- [5] 백민승, 윤봉규. (2020). “행위자 기반 모델을 활용한 이동 표적 탐색 방안연구.” 한국경영과학회, 37(1), 33-46.
- [6] 장영초, 이문걸. (2016). "효과적인 포병진지 구축작전을 위한 공병장비 최적배정 연구." 국내석사학위논문, 국방대학교.
- [7] 박세환, 이문걸. (2017). "휴리스틱 기법을 이용한 포병진지 구축작전시 공병장비 최적배정." 한국산업경영시스템학회, 40(1), 11-21.
- [8] 박종복, 안남수. (2020). “공병 장비의 최적 할당을 위한 수리모형 및 휴리스틱 알고리즘.” 한국산학기술학회, 21(4), 138-144.
- [9] 육군본부. (2017). 야전교범 참고-3-34지뢰. 대전: 국군인쇄창.
- [10] 육군본부. (2019). 교육참고 8-3-10 지뢰제거작전. 대전: 국군인쇄창.
- [11] Uri Wilensky, William Rand. (2017). ABM 개론 : Netlogo를 활용한 자연, 사회, 공학 복잡계 모델링. 윤봉규, 이원재 역. 충청남도: 국방대학교 국가안전보장문제연구소.
- [12] 김성우, 윤봉규. (2014). “흡수 마코프체인을 활용한 함정 근접무기체계 효과성 분석.” 한국군사과학기술학회지, 17(6), 733-743.

- [13] 윤봉규. (2023). “의사결정 단계와 시간 지연을 고려한 이산시간 전투모형 연구.” 한국국방경영분석학회지, 49(2), 40-59.
- [14] Koopman, B.O.(1946). “Search and screening.” OEG Rep.
- [15] Koopman, B.O.(1956a). “The theory of search. I. Kinematic bases.” Operations Research, 4(3), 324-346.
- [16] Koopman, B.O.(1956b). “The theory of search. II. Target detection.” Operations Research, 4(5), 503-531.
- [17] Koopman, B.O.(1957). “The theory of search: III. The optimum distribution of searching effort.” Operations Research, 5(5), 613-626.

저자 소개



박재형 (E-mail: daechangenius@gmail.com)

2013 단국대학교 경제학 학사

2023 국방대학교 군사운영분석전공 석사

현재 육군 5군단 5공병여단 131대대 정보작전과장

관심분야 : 국방 M&S, ABM



윤봉규 (E-mail: bkyoon@gmail.com)

1996 연세대학교 경영학 학사

1998 KAIST 산업공학 석사

2002 KAIST 산업공학 박사

국방대학교 운영분석전공 교수

현재 국방대학교 국방관리대학원장/

군사운영분석전공 교수

관심분야 : Agent Based Modeling,

Stochastic Models in Military

O.R, Biz. Performance

Optimization & Innovation.

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

조윤희¹⁾ · 문호석²⁾

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 매년 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.

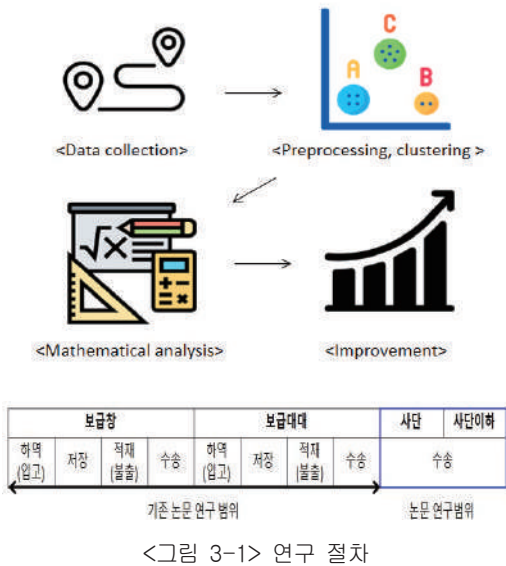
다만 기존 연구에서는 실제 데이터를 분석하

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	← 주연구항목
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,

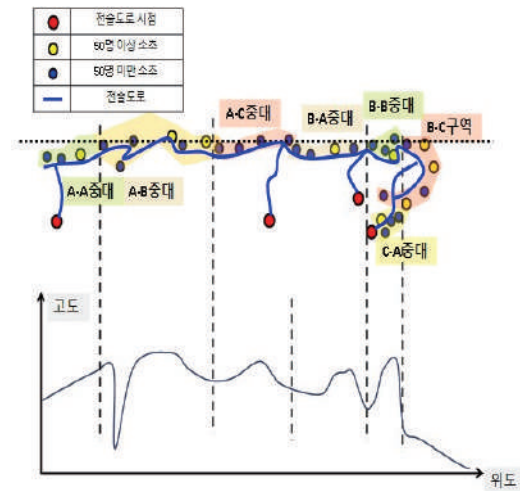
마지막으로 해당 지역의 차량 운행이 가능한 도로의 위치 데이터를 수집하여야 한다. 소초별 위치 데이터를 바탕으로 군집분석을 시행하여 적정 수준의 군집화가 이루어지더라도 해당 군집 내 소초들을 실제 운행할 수 있는지 판단하기 위해서이다.

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

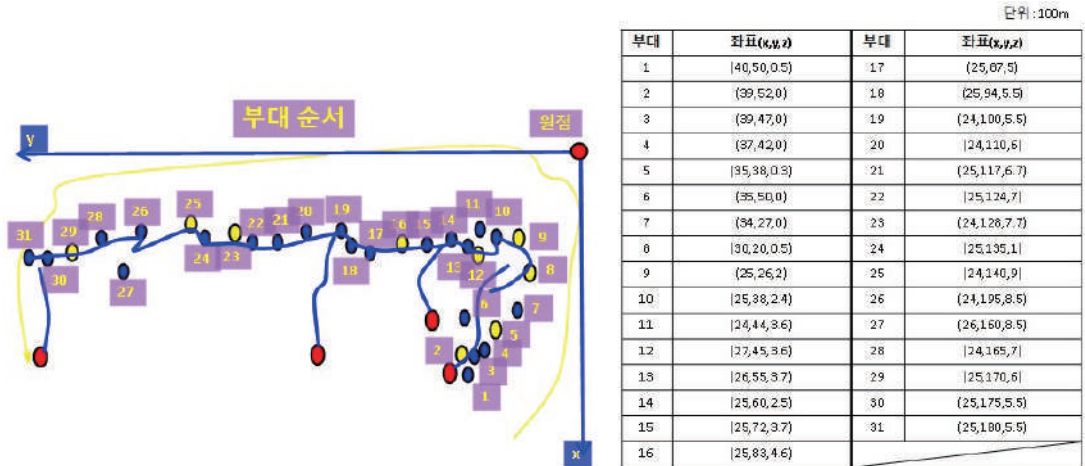
구분	CA	B-C	B-B	B-A	A-C	A-B	A-A	계	참고
부대 (○/●)	5 (2/3)	5 (2/3)	4 (1/3)	4 (1/3)	4 (0/4)	6 (2/4)	3 (1/2)	31 (9/21)	부식거량: 30이하 운행 (최대 35t)
적재 중량	55% (1.4t)	55% (1.4t)	45% (1.1t)	40% (1t)	40% (0.8t)	65% (1.6t)	35% (0.8t)	각대 650디만	1회 운반 기준(3일치 부식) ○/● : 400/200kg
이동 거리	9.7km	19km	15.3km	20.3km	23.8km	26.3km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

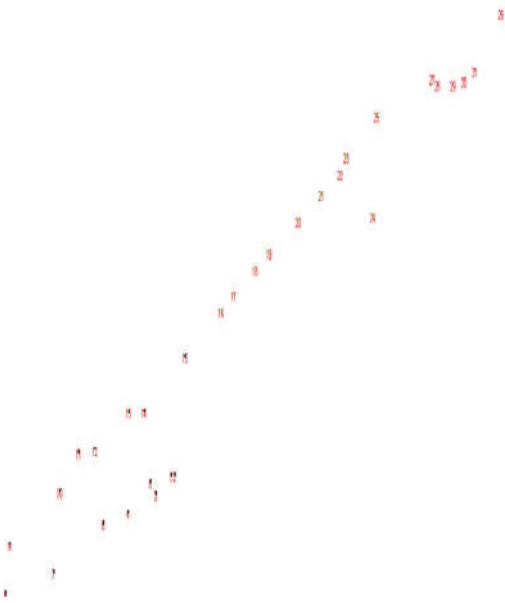
1단계에서 수집된 데이터를 확인해본 결과 대다수의 차량이 적재중량의 50% 미만으로 운행하고 있음을 확인할 수 있었다. 이를 통해 차량 운행의 경로를 조금 더 효율적으로 조정한다면 적재중량도 높이고 부식 수송 차량도 줄일 수 있음을 예측해볼 수 있었다. 또, 00사단에서 GOP로 부식을 수송할 수 있는 전술도로는 4개소가 있는데 총 7대의 차량이 부식수송을 위해 움직이고 있었다. 전술도로보다 차량의 대수가 더 많으므로 어떤 전술도로는 여러 차량이 운행함을 알 수 있으며 이로 인한 유류비가 과도하게 지출되고 있음을 알 수 있었다. 불필요한 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.

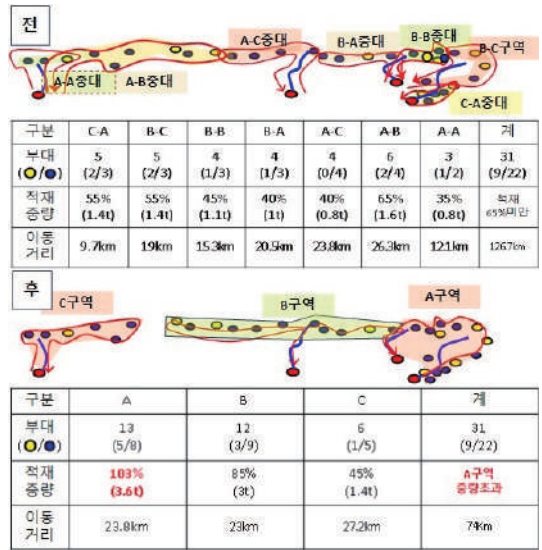
소초별로 일련 번호로 부여함으로써 군집분석간 군집으로 형성된 소초들을 확인할 수 있다. <그림 4-2>의 데이터를 이용하여 K-means 군집분석을 실시해보면 소초별로 K개의 군집이 형성됨을 볼 수 있을 것이다. K-means 군집분석이란 원하는 군집 수만큼 초기 k개를 지정하고, k개를 중심으로 소초별 최적의 군집을 찾아내는 과정이다. 최초 k개의 군집이 만들어지면 군집 내 소초들의 위치에 따른 중심값이 정해지며 이 중심값에서 소초들간의 거리의 평균이 구해지게 된다. 여기서 구

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 <그림 4-3>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.

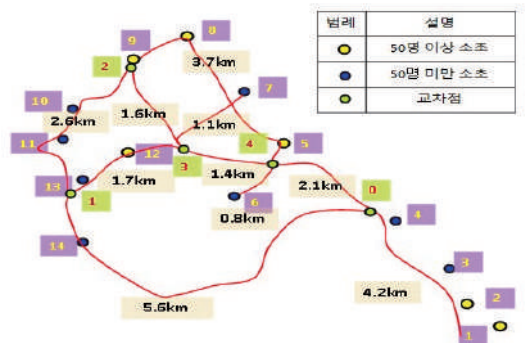


<그림 4-4> 군집분석 결과를 토대로 부식운행차량 재조정

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.



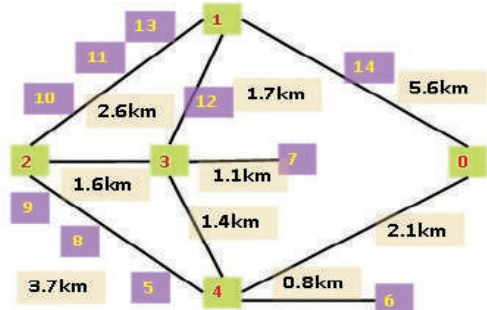
<그림 4-5> A구역의 소초 위치와 전술도로

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 적재율 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.



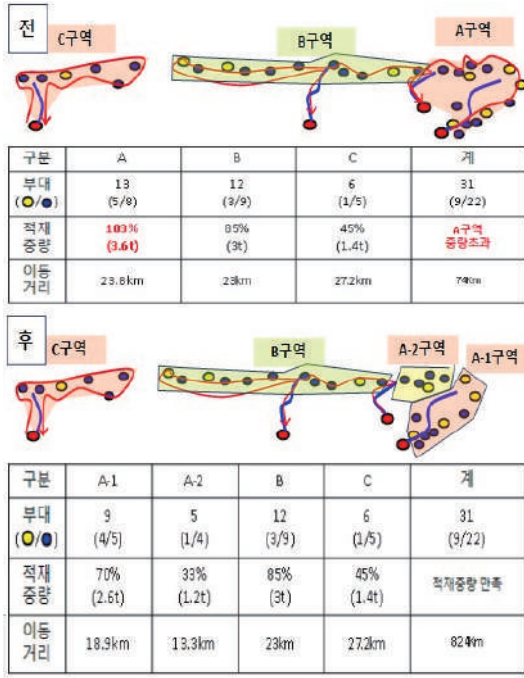
<그림 4-7> Dijkstra 알고리즘 활용

<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.

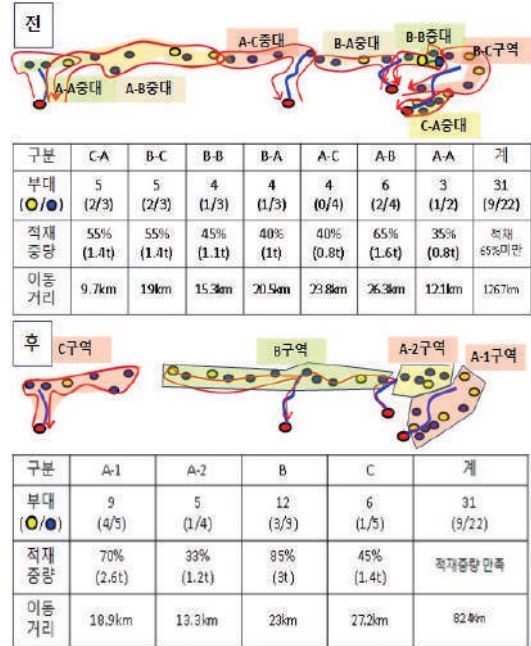


<그림 4-8> A구역의 조정 결과

<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 과업에 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

베이지안 네트워크에 기반한 지상작전 의사결정 지원모델 - 대대급 방어작전을 중심으로

Ground operation decision support model based on Bayesian
Networks concentrated on the defense operation of the battalion

최태수¹⁾ · 김광희²⁾ · 이두열³⁾

Taesu Choi · Kwanghee Kim · Dooyoul Lee

ABSTRACT

Ground operations pose difficulties in decision-making due to their complexity and uncertainty. Accordingly, recent research is showing active interest in developing decision-making models using artificial intelligence. In this paper, we propose a battalion-level ground operation decision support model using a Bayesian network. The proposed model simply models the dependency relationships between various variables that may occur in combat situations and provides a probabilistic reasoning method to deal with uncertainty. In particular, the proposed model provides basic information for operational staff to evaluate operational situations and make decisions. Therefore, it is believed that the Bayesian network-based model proposed in this study can be used as basic research for the production of decision support programs using artificial intelligence.

Key Words : Bayesian network, Ground operation, Decision making, M&S

논문접수일 : 2024년 5월 28일, 심사일 : 2024년 6월 3일, 게재확정일 : 2024년 6월 10일

1) 육군3사관학교 기계공학교수

2) 제12보병사단 정보대대 지원과장

3) 국방대학교 무기체계전공 조교수 / 교신저자(dlee05291@korea.kr)

1. 서론

4차 산업혁명 시대 레이저 무기, 드론봇 등 다양한 첨단 무기체계들이 개발되고 있다. 그러나, 최근 발발한 전쟁사례 들을 살펴보면, 현대 전투에서 여전히 재래식 무기와 그에 기초한 전술이 중요함을 알 수 있다. 시시각각 변하는 전장상황에서 승리를 달성하기 위해 가장 중요한 것은 전장에 대한 불확실성을 감소시키는 것이다. 이를 위해 육군에서는 첩보수집을 통한 전장정보분석을 수행한다[1]. 이는 작전수행과정에서 계획수립의 첫 단계로서 전투지휘 활동에 필요한 정보판단을 제공한다. 이러한 노력에도 불구하고 분석관의 사고활동에는 한계가 있다. 따라서, 정보를 생산하는 과정에서의 의사결정을 보조하여 정보판단의 정확성을 높일 수 있는 과학적 접근방법이 필요하다고 할 수 있다.

지상작전은 수많은 변수로 인해 높은 불확실성을 갖는다. 손자병법[2] 3부 모공편의 ‘지피지기(知彼知己)면 백전불태(白戰不殆), 부지피부지기(不知彼不知己)면 매전필태(每戰必殆)’라는 말이 있다. ‘적을 알고 나를 알면 백번 싸워도 위태롭지 않지만, 적과 아군의 상태에 대해 알지 못하면 반드시 위태로워진다.’는 뜻으로, 이를 통해 불확실성을 해소하는 것이 전쟁의 승패를 결정하는 가장 중요한 요소임을 알 수 있다.

전쟁과 같은 불확실성이 크게 존재하는 상황에서 합리적인 의사결정을 지원하는 방법에 대해 다양한 연구가 진행되어 왔다. Maistrenko 등[3]은 대기열 이론의 관점에서 군대의 임무수행을 위한 의사결정 모델을 연구하였고, Erdeniz[4]는 군대의 문제 해결을 위한 군사작전의 계획과 방법론에 대해 제시하였다.

베이저안 네트워크(Bayesian Network, BN)는 방향성 비순환네트워크 모델이다[5]. BN은 노드와 화살표를 사용하여 변수 간의 종속성을 표현하고, 조건부 확률 테이블을 사용하여 각각의 관계를 정량화 한다.

이러한 BN은 여러 장점을 갖고 있다. 첫째는 유연성이다. BN은 변수 간의 복잡하고 비선형적인 관계를 나타낼 수 있으므로 상호 관련된 많은 요인이 있는 실제 문제를 직관적으로 모델링할 수 있다. 두 번째는 불확실한 정보를 사용할 수 있다는 점이다. BN 모델은 베이지 정리를 사용하여 새로운 데이터가 주어졌을 때, 기존의 확률 분포를 업데이트 할 수 있다. 이 때 부족한 정보를 사용하여도 유사한 가능도를 계산하여 모델을 업데이트 할 수 있다. 이러한 장점으로 BN은 분류, 회귀, 예측 등 다양한 분야에서 유용하게 사용될 수 있다.

본 연구에서는 BN을 사용하여 대대급 방어 작전 시 사용할 수 있는 의사결정 지원모델을 제시하였다. 2장에서는 연구의 이론적 배경에 대해 다루었다. 3장에서는 의사결정 지원을 위한 BN모델을 구축하는 과정에 대해 서술하였다. 4장에서는 3장에서 구축한 BN모델을 교정하는 과정에 대해 다루었다. 마지막으로 5장에서는 연구의 의의와 한계점에 대해 서술하였다.

2. 이론적 배경 : BN

BN은 확률적인 그래픽 모델로서, 불확실성을 다루는데 유용한 도구로 널리 사용되고 있다. BN은 노드와 화살표로 표현되며, 노드는 변수를 나타내고 화살표는 변수 간의 종속관계를 나타낸다. 그리고 조건부 확률 표는 각 노드 간의 종속관계를 확률로 표현해

준다. BN 모델에서는 사전정보과 새롭게 입력되는 데이터를 결합하여 불확실성을 처리할 수 있다. 이러한 BN은 머신 러닝을 비롯한 다양한 분야에서 사용되고 있다. 대표적인 예시가 스마트 홈, 의료, 로봇 분야 등에 적용할 수 있는 상황인식 시스템이다.

BN의 특징은 베이스 정리 통해 업데이트될 수 있다는 점이다. 베이스 정리는 식(1)과 같이 표현할 수 있다. 여기서 $Pr(A)$ 는 사전 확률, 즉 미리 알고 있는 확률이고, $Pr(B)$ 는 새로운 데이터(또는 증거)의 확률이다. $Pr(B|A)$ 는 우도를 의미하며, A가 참일 때 사건 B가 발생할 조건부 확률을 나타낸다. $Pr(A|B)$ 는 사후 확률을 나타내며, 이를 통해 과거정보를 바탕으로 불확실한 미래상황을 확률적으로 계산할 수 있게 해준다.

$$Pr(A|B) = \frac{Pr(B|A)Pr(A)}{Pr(B)} \quad (1)$$

BN의 이러한 기능은 주어진 환경에서 완전한 정보가 아닌 불확실한 정보만을 가지고도 미래상황을 추론하게 해준다. 이 기능은 정보가 부족한 실제 세계를 모델링하는데 유용하게 사용되고 있다.

BN을 통한 모델링 연구 사례들을 살펴보면 다음과 같다. Li 등[6]은 세계 해상 사고의 위험을 데이터 기반 BN을 이용하여 위험 분석 모델을 제시하였다. Lee 등[7]은 동적 베이지안 네트워크를 이용하여 피로균열에 민감한 구조에 대한 위험기반분석을 수행하였다. 또한, Sun 등[8]은 BN을 이용하여 정신건강에 대한 위험을 분석하고 하였으며, 그밖에, Kim 등[9]은 BN 기반 상황인식 및 방책 결정 지원 모델을 제시하여 전장의 불확실성 요소를 정성적, 정량적으로 모델링하고 가장 가능성이 높은 적의 활동과 그에 따른 방책을 확률적으로 예측하였다. Ji 등

[10]은 BN을 기반으로 건설 위험 확률을 분석하였다.

3. 모델링

3.1. 가정과 시나리오

대대급 지상작전 부대에서 적의 공격에 대응하기 위한 의사결정을 모델링하기 위해 다음과 같은 가정사항을 설정하였다.

첫째, 적은 선제공격을 원칙으로 전면전을 개시할 것이다.

둘째, 적은 공격의 원칙을 기초하여 공격 작전을 계획할 것이다.

여기서, 적의 공격원칙은 다음 두 가지이다. 먼저 적의 주타격방향은 보조타격방향보다 공격정면이 좁다. 다음으로 적은 주타격방향에 더 많은 자산(포병, 기계화부대 등)을 할당할 것이다.

셋째, 아군과 적군의 체대별 전투력은 동일하나, 공자와 방자의 비율은 3:1을 준수할 것이다.

위의 사항들을 가정하여 다음과 같이 세 가지 시나리오를 수립하였다.

- (i) 시나리오 1 : 아군의 주 노력 방향과 적의 주 타격 방향이 일치하고, 부대의 규모가 같은 상황
- (ii) 시나리오 2 : 아군의 주 노력 방향과 적의 주 타격 방향이 불일치하고, 부대의 규모가 적에 비해 아군이 열세한 상황
- (iii) 시나리오 3 : 아군의 주 노력 방향과 적의 주 타격 방향이 불일치하고 부대의 규모가 같은 상황

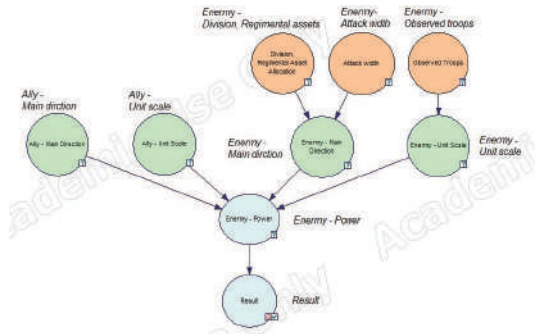
3.2. BN 모델

앞서 제시한 가정과 시나리오를 고려하여 지상 작전지도 그래프(Ground Operation Guidance Graph, GPGG, 지피지기(知彼知己) 이하 GPGG 모델) 모델을 개발하였다. <그림 3-1>은 GPGG 모델을 나타낸다. 모델에서 ‘적 - 상급부대 자산 할당 노드’(Enemy-Division and Regimental Asset Allocation)는 적의 연대 또는 사단급에서 예하부대로 할당하는 자산에 대한 탐지 노드이다. 상급부대에서 통상 예하부대로 할당하는 자산으로는 대표적으로 포병과 공병 자산 등이 있다. ‘적 - 공격정면노드’(Enemy - Attack Width)는 적의 공격정면에 대한 탐지 노드이다. 적은 일반적으로 주 타격 방향에는 좁은 공격정면을 부여하고, 보조 타격방향에는 넓은 공격정면을 부여한다. ‘적 - 부대규모 노드’(Enemy - Unit Scale)는 작전에 참여하는 적 부대의 규모 또는 전투력을 의미하는 노드이다.

‘아군 - 주 노력방향노드’(Ally - Main Direction)는 상급부대에서 할당받은 자산과 부대 자체의 전투력을 집중하는 방향에 대한 노드이다. ‘아군 - 부대규모 노드’(Node Ally - Unit Scale)는 작전에 참여하는 아군 부대의 규모 또는 전투력을 의미하는 노드이다. ‘아군 전투력 대비 적의 상대적 전투력 노드’(Enemy - Power)는 아군의 전투력 대비 적의 전투력에 대한 우세 또는 열세 여부에 대한 노드이다. ‘결과(승패) 노드’(Result)는 아군과 적의 전투결과에 대한 노드이다. 적 기준으로 노드의 결과가 승이면 승, 패이면 패다.

<표 3-1>은 BN모델의 각 변수들의 상태를 나타낸다. 아군과 적은 공통된 변수로 주 노력/타격방향(Main Direction)과 부대규모(Unit Scale)를 갖는다. 주 노력/타격방향에 대한 상태로는 좌측(Left), 중간(Center), 우측(Right)이 있으며, 이에 따른 아군에 대한 적

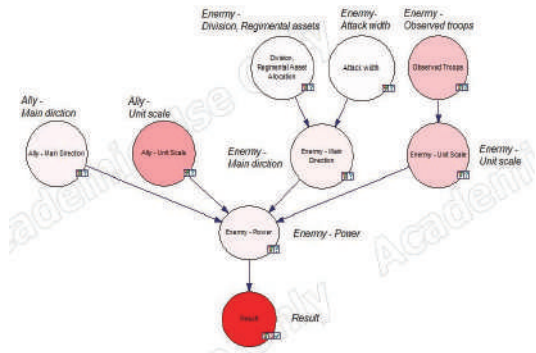
의 상대적인 전투력(Power)이 도출된다. 상대적 전투력은 우세(Superior)와 열세(Inferior)로 나뉘며, 이에 따라 상대적 전투력에 따라 결과(Result)가 승(Win) 또는 패(Lose)로 도출된다.



<그림 3-2> GPGG model

<표 3-1> The table of variables for Ally and Enemy

Category (Symbol)		Level		
		1	2	3
1	Ally - Main Direction	Left	Center	Right
2	Ally - Unit Scale	Large	Normal	Small
3	Enemy - Main Direction	Left	Center	Right
4	Enemy - Unit Scale	Large	Normal	Small
5	Power	Superior	Inferior	-
6	Result	Win	Lose	-



<그림 3-3> Sensitivity analysis results

민감도 분석은 베이지안 네트워크의 확률 매개변수 검증에 지원하는 방법이다. 이는 출력 매개변수에 대한 모델의 사전 조건부 확률의 변화가 미치는 영향을 조사하여 수행된다. 민감도분석에서 민감도가 높은 매개변수일수록 추론결과에 더 큰 영향을 미치며, 모델의 정확한 결과를 위해 사용자가 조건부 확률을 직접 할당하여 보정이 가능하다. GeNie 프로그램에서 사용하는 민감도분석은 Kjaerulff 등[11]이 제안한 알고리즘을 구현하며, 이는 노드별 매개변수의 사후 확률분포의 전체 도함수 집합을 계산한다. 매개변수 p 에 대한 도함수가 크면 p 의 작은 변화가 대상의 사후에 큰 변화를 초래할 수 있으며, 도함수가 작은 경우에는 매개변수가 크게 변경되더라도 사후에 거의 차이가 없다.

<그림 3-2>는 민감도분석 결과를 나타낸다. 적색에 가까운 노드일수록 목표로 설정된 노드의 사후 확률 분포 계산에 중요한 매개변수로 작용한다. 여기서 지피지기 모델의 결과에 영향을 가장 많이 미치는 매개변수는 ‘부대 규모’이다. 부대 규모의 민감도가 주 노력/타격방향의 민감도에 비해 약 3배 크게 측정되어 해당 모델의 결과가 ‘부대 규모’에 의해 영향을 받으며, 특히 부대 규모의 요소 중에서 ‘Large’와 ‘Small’이 주된 인자인 것으로 관측되었다. 이유는 아군과 적군의 ‘주 노력/타격방향’이 불일치하더라도 ‘부대 규모’의 따라 우세의 여부를 결정했기 때문인 것

으로 판단된다. 추후 인자들의 조정 또는 모델학습을 통해 각 매개변수별 민감도를 균일하게 조정할 필요가 있다고 판단된다.

위에서 제시한 시나리오와 가정에 따라 BN 소프트웨어인 GeNie를 이용하여 각 변수의 사전확률분포를 구성하였다. 사전확률은 교범 등을 종합적으로 참조하여 설정하였다.

‘적 - 주 타격방향 노드’(Enemy - Main Direction)는 부모노드인 ‘상급부대 할당 자산’(Asset Allocation)과 ‘공격정면’(Attack Width)을 연계하여 설정하였다. 일반적으로 상급부대에서 할당받은 자산이 식별되고, 공격정면이 좁다면 주 타격방향일 가능성이 높다고 가정하여 설정하였다. 할당받은 자산이 식별되었더라도, 공격정면이 넓다면 보조타격방향일 가능성이 크므로 중앙지역 공격에 대한 가능성을 높게 부여하였고, 공격정면이 좁은 경우에 측면 지역에 대한 가능성을 높게 설정하였다. ‘적 - 주타격 방향’에 대한 CPT (Conditional Probability Table)는 <표 3-2>와 같다.

‘적 - 부대규모 노드’(Node Enemy - Unit Scale)는 관측된 부대의 규모를 판단하는 노드이다. 각종 활용가능한 자산 또는 상급부대의 첩보를 바탕으로 획득된 결과(자식 노드)로 부대의 규모를 결정한다. 적의 경우 통상 상급부대에서 자산을 할당하므로 부대 규모는 관측된 결과에 대응되는 것으로 설정하였다. 적 부대 규모에 대한 CPT는 <표

<표 3-2> The prior CPT for the Enemy-Main Direction node

Asset Allocation	Artillery & Engineer			Non artillery & engineer		
Attack Width	Wide	Normal	Narrow	Wide	Normal	Narrow
Left	0.3	0.33	0.4	0.33	0.33	0.33
Center	0.4	0.33	0.2	0.33	0.33	0.33
Right	0.3	0.33	0.4	0.33	0.33	0.33

3-3>과 같다.

‘상대적 전투력 노드’(Node Enemy - Power)는 아군과 적의 각각 주노력/타격 방향과 규모의 상호작용에 따른 적의 전투력 노드이다. 아군과 적의 주노력/타격방향은 왼쪽, 오른쪽 2가지의 경우로, 아군과 적의 부대 규모는 큼, 보통, 작음의 경우로 설정하였다. 공자의 이점(공격시간과 지역을 선택할 수 있음)에 의해 아군과 적의 주노력/타격방향이 불일치할 경우, 아군이 보다 열세할 것으로 가정하였고, 부대규모의 경우에는 방자의 이점(진지의 편성으로 비교적 적은 병력으로 작전을 수행할 수 있음. 공자와 방자의 비율은 통상 3:1로 설정함)에 따라 적 부대의 규모가 아군보다 작을 경우에는 적이 아군에 비해 열세할 것으로 설정하였다. 이에 대한 CPT는 <표 4>와 같다.

<표 3-3> The prior CPT for the Enemy - Unit Scale node

Observed Troops \ Estimated Troops	Large	Normal	Small
	Large	0.6	0.2
Normal	0.2	0.6	0.2
Small	0.2	0.2	0.6

<표 3-4> The prior CPT for the Enemy - Power node

Ally - Main Dirction	Left		Right	
	Ally - Unit Scale	Large		Small
Enemy - Main Direction	Left		Right	
	Enemy - Unit Scale	Large	Normal	Normal
Superior	0.5	0.4	0.6	0.5
Inferior	0.5	0.6	0.4	0.5

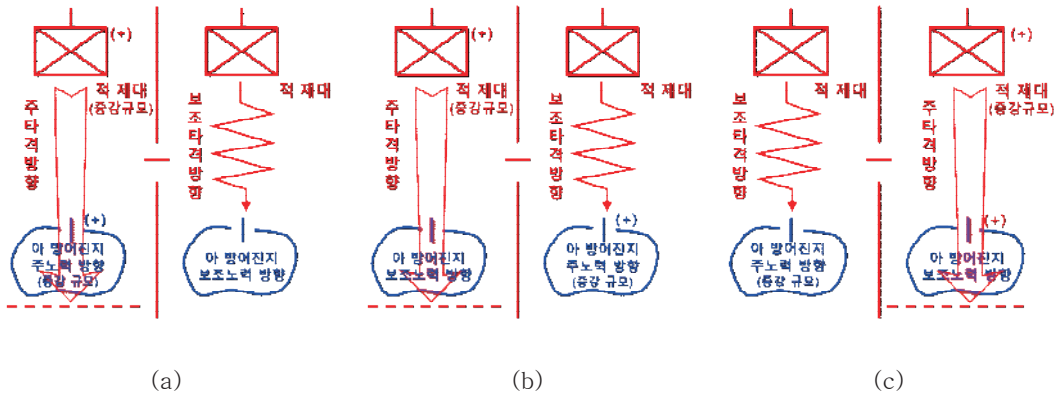
3.3. 모델링 결과

<그림 3>은 각 시나리오에 대한 개략적인 작전상황도를 나타낸다.

시나리오 1에서 아군의 주 노력방향은 왼쪽(Left), 부대의 규모는 큼(Large)이며, 적의 경우 상급부대의 자산인 포병과 공병을 할당받았음이 관측되었고(Division, Regimental Asset Allocation), 공격정면은 좁고(Narrow), 관측된 부대규모는 큼(Large)이다. 그 결과 적 주 타격방향은 왼쪽(Left), 적 부대의 규모는 클 확률(Large)이 높게 나왔다. 아군 전투력 대비 적의 상대적 전투력은 60%의 확률로 우세할 것으로 도출되었음에도 불구하고 패할 확률이 54%로 계산되었다. 이와 같은 결과는 아군과 적의 주 노력/타격방향 일치에 따른 불확실성 해소로 인해 패할 확률이 높게 나온 것으로 판단된다.

시나리오 1은 적과 아군의 주 노력/타격방향이 일치할 경우 적용할 수 있다. 예를 들면, 아군의 주 노력방향이 오른쪽일 때, 적 또한 주 타격방향이 오른쪽일 경우이다. 이런 경우 아군과 적의 주 노력/타격방향이 일치할 가능성이 높게 되고, 해당 방향에서의 부대규모는 아군과 적 모두 상급부대에서 추가 자산을 할당받을 가능성이 높기 때문에 평시보다 클 것으로 판단된다.

시나리오 2에서 아군의 주 노력방향은 오른쪽(Right), 부대의 규모는 큼(Large)이며, 적의 경우 상급부대의 자산인 포병과 공병을 할당 받았음이 관측되었고(Division, Regimental Asset Allocation), 공격정면은 좁고(Narrow), 관측된 부대규모는 큼(Large)이다. 그 결과 적 주 타격방향은 왼쪽(Left), 적 부대의 규모는 클 확률(Large)이 높게 나왔다. 아군 전투력 대비 적의 상대적 전투력은 60%의 확률로 우세할 것으로 도출되었고 승리할 확률이 54%로 계산되었다. 이와 같은



<그림 3-3> Operational situation maps 시나리오

결과는 아군과 적의 부대규모는 동일하지만, 주 노력/타격방향의 불일치로 적이 승리할 확률이 높게 나온 것으로 판단된다.

시나리오 2는 아군의 상황이 적에게 노출되었을 때 적이 결심할 수 있는 보편적인 선택이다. 적 교리에 따르면, 적은 아군의 주 노력 방향으로 공격을 하기 보다는 측면과 같은 다른 방향으로 전투력을 집중하여 아군의 방어체계를 와해시키는 전술을 사용할 가능성이 높다. 따라서, 아군의 주 노력방향이 오른쪽일 때, 적의 입장에서 가장 합리적인 판단은 주 타격방향을 왼쪽으로 설정하여 공격작전을 진행하는 것이다. 결과적으로 아군과 적의 주 노력/타격방향이 불일치할 가능성이 높고, 부대규모는 아군과 적 모두 상급 부대에서 추가 자산을 할당받을 가능성이 높기 때문에 해당 방향에서의 부대 규모는 평시의 규모보다 클 것으로 판단된다.

시나리오 3에서 아군의 주 노력방향이 왼쪽 (Left), 부대의 규모는 작음(Small)이며, 적의 경우 상급부대의 자산인 포병과 공병을 할당받았음이 관측되었고(Division, Regimental Asset Allocation), 공격정면은 좁고(Narrow), 관측된 부대규모는 큼(Large)이다. 그 결과 적 주 타격방향이 오른쪽(Right), 적 부대의

규모는 클 확률(Large)이 높게 나왔다. 아군 전투력 대비 적의 상대적 전투력은 70%의 확률로 우세할 것으로 도출되었고 승리할 확률이 58%로 계산되었다. 이와 같은 결과는 아군과 적의 부대규모와 주 노력/타격방향의 불일치로 적이 승리할 확률이 높게 나온 것으로 판단된다.

시나리오 3은 적이 아군의 주 노력 방향으로 공격을 하기 보다는 측면과 같은 다른 방향으로 전투력을 집중하여 아군의 방어체계를 와해시키는 전술을 사용하는 경우이다. 이때에는 작전에 참가하는 아군의 부대규모가 작을 가능성이 높다. 예를 들어, 아군의 주 노력방향이 오른쪽일 때, 적의 입장에서 가장 합리적인 판단은 주 타격방향을 왼쪽으로 설정하여 공격작전을 진행하는 것이다. 이와 같이 아군과 적의 주 노력/타격방향이 불일치하고, 부대규모는 적이 상급부대에서 추가 자산을 할당받아 큰 반면, 아군은 작을 경우도 있기 때문에 시나리오3의 경우도 염출할 수 있다.

<표 4-1> Data sets for parameter learning

No.	Ally		Enemy					Result
	Main Direction	Unit Scale	D/R assets	Attack width	Main Direction	Observed Troops	Unit Scale	
1	Left	Large	Y	Narrow	Left	Large	Large	Lose
2	Left	Large	Y	Narrow	Left	Normal	Normal	Lose
3	Right	Normal	N	Wide	Left	Large	Large	Win
4	Center	Small	Y	Narrow	Left	Large	Large	Win
5	Left	Normal	Y	Narrow	Center	Large	Large	Win
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
168	Right	Small	N	Narrow	Right	Small	Small	Win

4. 모델 개선

4.1. 학습데이터

매개변수 학습을 위해 총 168가지의 데이터를 선정 후 입력하였다. 교정 대상 노드는 Enemy-Power(아군 대비 적의 상대적 전투력)이다. 입력된 데이터는 교범 및 교육기관의 전술교관들의 전술관과 6.25 전사를 참고하여 구성하였다. <표 4-1>은 매개변수 학습에 사용된 데이터 세트이다.

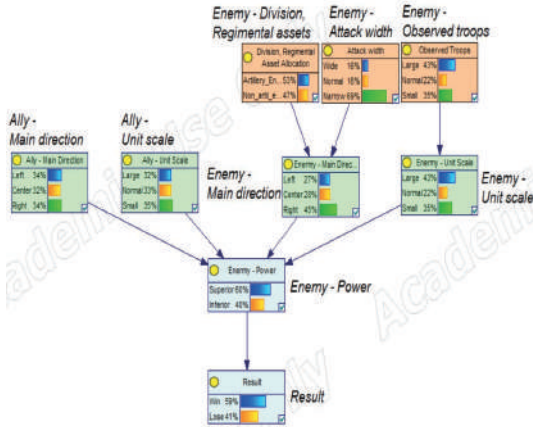
4.2. 모델 교정

GeNIe는 확률 분포를 학습하기 위해 E-M(Expectation-Maximization) 알고리즘을 사용한다. E-M 불완전한 데이터 세트를 사용하여 매개변수의 최대 우도 추정치를 계산하고 이를 통해 모델을 교정시키는 방법이다. 이 알고리즘은 전장상황 같이 데이터 손실과 부재가 빈번히 발생하는 경우 활용될 수 있다. 이 알고리즘은 크게 2단계로 수행된다. 먼저는 기댓값을 계산하는 단계인 E(Expectation)-step이다. 여기서는 초기 추

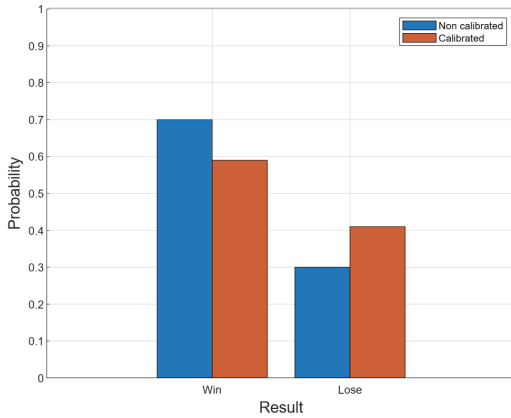
정치나 이전 추정된 매개변수를 사용하여 모든 결측 데이터 값을 추론한다. 다음으로는 M(Maximization)-Step이다. M-step에서는 E-step에서 추정된 결측 데이터와 초기 추정치를 사용하여 매개변수를 최대화한다. 두 단계가 매개변수가 수렴할 때까지 반복되면 목적 함수의 전역 최대값을 얻을 수 있다. 즉, 매개변수를 최대 우도 추정치가 반영된 값으로 교정시킬 수 있다.

노드 ‘Enemy-Power’는 <표 4-1>의 데이터를 사용하여 학습 후 교정되었다.

<그림 4-1>은 교정 결과를 나타낸다. 교정대상이었던 노드 Enemy - Power의 CPT 변화는 <그림 4-2>에 나와있다. 이에 따라 전투력과 관련된 결과(승패) 또한 적이 승리할 가능성이 0.7에서 0.59로 감소했다는 것을 관찰할 수 있다. 감소된 이유는 적의 공격 방향에서 공격정면이 좁은 경우 주타격방향으로 식별될 가능성이 증가함에 따라 아군의 입장에서는 불확실성 해소로 승리할 가능성이 높아짐에 따라 감소한 것으로 판단했다.



<그림 4-1> Calibrated model



<그림 4-2> The prior probabilities of the node Result before and after calibration

<표 4-2> Confusion matrix

Predicted \ Actual	Win	Lose
	Win	115
Lose	0	31

4.3. 모델 검증

<표 4-2>는 아군의 주 노력방향, 부대규모와 적의 주 타격방향, 부대규모 그리고 결과(승패)에 대한 정확도를 검증한 결과이다.

예측 승, 실제 패가 21인 이유는 부대 규모가 아군보다 적이 크거나 같을지라도, 적의 공격정면이 좁은 경우 주타격 방향에 대한 불확실성 해소로 인해 실제 패가 21로 도출된 것으로 판단된다.

4.4. 모델 교정 결과

교정 단계에서 학습된 BN 모델을 활용하여 Prior 시나리오에 대한 변화를 확인할 결과 <그림 4-3>과 같은 결과를 얻을 수 있었다. 시나리오별 각각의 의미를 살펴보면 다음과 같다.

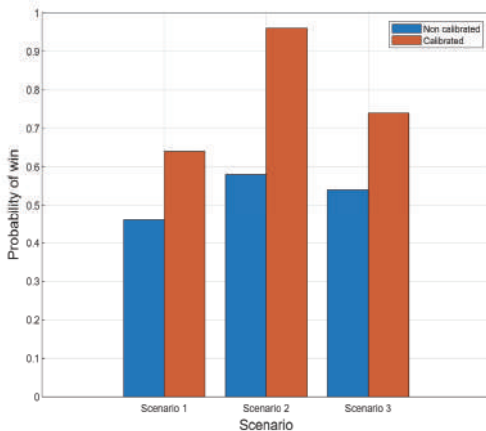
- (i) 시나리오 1 : 아군의 주 노력방향은 왼쪽(Left), 부대 규모는 큼(Large)이고, 적은 상급부대로부터 자산을 할당받았으며(Division, Regimental Asset Allocation), 공격정면은 좁다(Narrow). 또한, 적 주 타격 방향은 왼쪽(Left), 부대규모는 큼(Large)이다. 데이터 학습 이전에는 ‘결과(승패)’에 대한 예측 결과 승(Win)이 46%, 패(Lose)가 54%였지만, 학습 이후 승(Win)이 64%, 패(Lose)가 36%로 보정되었다.
- (ii) 시나리오 2 : 아군의 주 노력방향은 왼쪽(Right), 부대 규모는 작음(Small)이고, 적은 상급부대로부터 자산을 할당받았으며(Division, Regimental Asset Allocation), 공격정면은 좁다(Narrow). 또한, 적 주 타격 방향은 오른쪽(Right), 부대규모는 큼(Large)이다. 데이터 학습 이전에는 ‘결과(승패)’에 대한 예측 결과 승(Win)이 58%, 패(Lose)가 42%였지만, 학습 이후 승(Win)이 96%, 패(Lose)가 4%로 보정되었다. 다른 시나리오들과 비교하여 학습 이후 승률이 절대적으로 증가하였는데, 이는 아군의

주 노력방향과 적의 주 타격방향 불일치할 뿐만 아니라, 지상작전에 큰 변수로 작용되는 부대의 규모(Unit Scale)가 아군의 규모에 비해 적의 규모가 더 절대적으로 크기 때문에 적의 승률이 더 높게 계산된 것으로 판단된다.

- (iii) 시나리오 3 : 아군의 주 노력방향은 오른쪽(Right), 부대 규모는 큼(Large)이고, 적은 상급부대로부터 자산을 할당받았으며(Division, Regimental Asset Allocation), 공격정면은 좁다(Narrow). 또한, 적 주 타격 방향은 왼쪽(Left), 부대규모는 큼(Large)이다. 데이터 학습 이전에는 ‘결과(승패)’에 대한 예측 결과 승(Win)이 54%, 패(Lose)가 46%였지만, 학습 이후 승(Win)이 74%, 패(Lose)가 26%로 보정되었다. 시나리오 1과 비교하여 학습 이후 승률이 더 증가하였는데, 이는 아군의 주 노력방향과 적의 주 타격방향이 불일치하여, 적의 승률이 더 높게 계산된 것으로 판단된다.

5. 결론

인공지능의 급격한 발전에도 불구하고 현재 우리나라의 국방 및 군사 분야에서의 인공지능은 철저한 종합 분석 및 추론 기능이 제한되는 상황이다. 본 연구의 주요한 기여는 적의 수의 상태와 제한된 정보만을 이용하여 간단한 모델을 제시함으로써 위협 분석 모델의 기초가 되었다는 것이다. 본 연구에서는 BN을 적용하여 전장상황에서의 상황 인식 및 위협 분석을 실시하였다. 이는 데이터가 부족한 상황에서도 유연하게 불확실한 상황에 대응할 수 있는 모델이다. 이전에 진행된 연구들은 군사 분야에서 BN 모델을 이용하여 위협 분석 또는 전쟁 모델을 제시하거나 환경요인을 식별하기 위한 연구지만, 최근 연구들에서 우리나라의 주적과 관련하여 실제 교리에 기반하여 적의 규모, 활동, 대상 식별 등을 의사결정에 연결한 연구는 없었다. 따라서, 본 연구에서는 불확실한 전장에서 위협을 분석하고, 의사결정까지 적용 가능한 실용적인 모델을 제시하였다. 이 모델은 앞으로 정보 관리, 지휘 및 통제 등 다양한 분야에서 활용될 수 있다.



<그림 4-3> The resultant probability of win before and after the calibration

참 고 문 헌

- [1] R.O.K .Army headquater (2015). FM 2-7 Battlefield Intelligence Analysis: 1-3
- [2] Sun, T. (2010.) Part 3 Attack by Stratagem, Art of War: 6-7
- [3] Maistrenko, O., Ryzhov, Y., Khaustov, D., Tsybulia, S., & Nastishin, Y., (2021). Decision-Making Model for Task Execution by a Military Unit in Terms of Queuing Theory. Military Operations Research, 26(2021): 59-70.
- [4] Robert, E., (2016). Operations planning revisited: theoretical and practical implications of methodology. Defence Studies, 16(3): 248-269.
- [5] Park, J., & Hwang, S., (2020). The performance of Bayesian network classifiers for predicting discrete data. The Korean Journal of Applied Statistics, 33(3): 309-320.
- [6] Li, H., Ren, X., & Zaili, Y., (2023). Data-driven Bayesian Network for Risk Analysis of Global Maritime Accidents. Reliability Engineering & System Safety, 230(6) 108938.
- [7] Lee, D., & Kwon, K.,(2023). Dynamic Bayesian network model for comprehensive risk analysis of fatigue-critical structural details. Reliability Engineering & System Safety., 229(6) 108834.
- [8] Sun, C., Carol K., H., H., & Kirsten, A., W., (2023). A Bayesian Network Model for the Impacts of Psychosocial Hazards on the Mental Health of Site-Based Construction Practitioners. Journal of Construction Engineering and Management. 149(3) 04022184.
- [9] Kim, A., & Lee, D., (2022). Bayesian Network Based Situational Awareness and Course of Action Decision-Making Support Model. Military Operations Research Society of Korea. 48(1): 131-141.
- [10] Ji, C., Su, X., Qin, Z. & Nawaz, A. (2022). Probability Analysis of Construction Risk Based on Noisy-or Gate Bayesian Networks. Engineering & System Safety. 217(107974)
- [11] Kjærulff, U., & Van der Gaag, L., C., (2013). Cornell University. Retrieved from <https://arxiv.org/abs/1301.3868>

저 자 소 개



최태수(E-mail: winnercts92@kaay.ac.kr)

2015 건국대학교 기계설계학 학사
2024 국방대학교 무기체계전공 석사
현재 육군 3사관학교 기계공학과 교수
관심분야 : 의사결정, 신뢰성 분석, 부식,
유·무인 복합



이두열(E-mail: dlee05291@korea.kr)

2002 공군사관학교 항공공학 학사
2008 서울대학교 재료공학 석사
2015 노스웨스턴대학교 기계공학 박사
현재 국방대학교 무기체계전공 교수
관심분야 : 신뢰도/위험도 평가, 진단/예측,
피로 및 파괴, 부식



김광희(E-mail: kkh12994@gmail.com)

2013 명지대학교 환경에너지공학 학사
2024 국방대학교 무기체계전공 석사
현재 제12보병사단 정보대대 지원과장
관심분야 : 의사결정, 지상작전

다양성과 영양소를 고려한
군 표준식단 자동화 방법론 연구

Automated Meal Planning Methodology
Considering Diversity and Nutrients

나지선¹⁾ · 문호석²⁾

Jiseon Na · Hoseok Moon

ABSTRACT

With the evolving military food service environment, the autonomy of unit-level meal planning has increased, leading to longer administrative hours and potential disparities in meal quality due to differences in menu planning. To enhance the efficiency of standard military meal planning, an automated meal planning methodology was researched. To verify its validity, a survey was conducted among nutritionists, and technical statistical analyses were performed comparing traditional handwritten meal plans and automated meal plans.

The survey results showed positive acceptance of the standard meal plan pool and automated meal planning, and it was found that modifying some menus in the automated meal plans could significantly reduce the time required to create meal plans. Statistical analysis revealed that, except for protein, the variance in nutrient content was smaller in all automated meal plans, and the difference in menu diversity was statistically significant, indicating that automated meal planning provided a more varied menu. This study is expected to help improve the diversity of standard military meal plans, enhance the efficiency of meal planning at the unit level, and contribute to the future development of military food service operations.

Keywords : standard military meal plan, survey, automated meal planning, t-test

논문접수일 : 2024년 5월 27일, 심사일 : 2024년 6월 3일, 게재확정일 : 2024년 6월 10일

1) 국방대학교 국방사업관리학과 석사과정

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

1. 서론

2021년 4월 COVID-19 팬데믹 상황에서 격리 대상 장병들에게 제공되던 부실한 도시락 사진이 인터넷 커뮤니티에 연일 올라오며 군은 일명 부실 급식사태로 국민과 여론의 강한 질타를 받았다. 이후 군은 급식 관련 전반에 걸쳐 혁신적인 변화를 도모하였고, 이는 <표 1-1>과 같이 2021년 군 부실 급식사태를 기점으로 이전 3개년과 이후 3개년 장병 1인 1일 급식비 인상 비율만 보아도 명확하게 확인할 수 있다.

<표 1-1> 장병 1인 1일 기본급식비[1]

년도	2019	2020	2021	2022	2023
금액(원)	8,493	8,493	8,790	11,000	13,000
인상비율	3.4% 인상		47% 인상		

또한, 군은 장병 1인 1일 급식비 內 부대에서 자유롭게 식재료를 구매하여 활용할 수 있는 자율운영급식비 배정, 지역 음식을 구매해서 식사하는 지역상생장병특식, 중앙조달 품목 조달청 다수공급자 계약 확대, 농협·축협·수협의 원품 식재료를 제외한 가공품과 식재료의 부대계약 등 부식을 공급하는 조달원을 다양화하여 급식비 인상 이외에도 급식이 장병 중심으로 개편될 수 있도록 급식 전반에 변화를 주었다.

식단편성 제대는 희망하는 식단에 맞추어 가공품 및 식재료를 추가로 공급받을 수 있게 되었고, 기존 농협·축협·수협에서 조달하는 원품 식재료만을 활용하여 편성할 수 있었던 한정된 식단에서 탈피하여 장병들의 선호도와 시대의 흐름을 반영할 수 있는 식단의 다양성을 추구할 수 있게 되었다.

현재 군 표준식단은 식단편성 제대별 영양

사 1인이 달마다 장병 1인 1일 급식비, 영양소 섭취목표, 장병 선호도 등을 반영하여 최소 수기로 메뉴를 조합하여 식단표를 작성한다. 이 때문에 영양사 1인의 시각에 따른 식단편성이 개인에 편중될 수 있고, 제대별 메뉴 편성 차이에 따른 급식의 질 차이가 장병의 만족도와 복무 의지에 영향을 줄 수 있으며, 변화하는 군 급식환경에 따라 식단편성 시 고려사항과 행정시간도 증가하였다.

이에 본 연구에서는 군 표준식단편성의 효율성을 높이고 급식의 질을 향상하기 위해 영양소와 다양성을 고려한 자동화 식단 편성 방법을 연구하고 타당성을 검증하였다.

2. 기존연구

본 연구에 앞서 검토한 군 표준식단 관련 선행연구는 다음과 같다.

유해영은 국민이 정책 서비스 개발 과정에 참여하는 국민디자인단을 운영하고, 군 장병이 만족할 수 있고 조리병이 안전하게 근무할 수 있는 상생 소통 기반 급식환경 조성을 위한 통합정보 모바일 플랫폼을 기반으로 디지털 식단표의 시각화와 장병 선호도 조사 결과를 명시하는 등 수요자 중심의 식단표 개선을 제안했다[2].

백승희와 김수연은 군대 급식에서 한 달간 제공된 식단을 이용하여 영양평가 및 식품의 다양성 분석을 실시하기 위해 영양소 적정비, 평균 적정비, 식품군 점수, 식품 다양성 점수, 식품군별 섭취 패턴 등의 방법을 이용해 식사의 질을 평가하고 바람직한 식생활에 대한 방향을 제시하고자 했다[3].

여운승은 신세대 장병들의 급식서비스 만족도에 영향을 미치는 요인과 군 급식 메뉴의 다양성이 전반적인 급식서비스 만족도에 미치

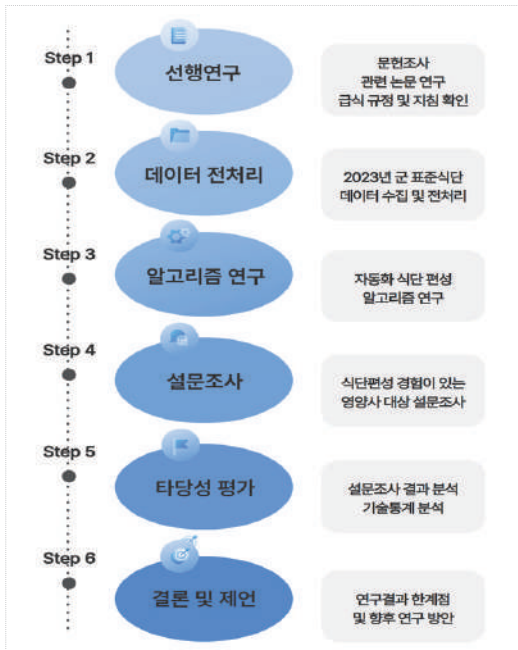
는 영향에 관해 설문하여 분석했다[4].

곽동경 외는 장병들의 활동량에 근거한 과학적인 영양소 섭취 기준의 재정립과 신세대 장병의 식행동과 기호도 조사, 급식서비스 인식도 및 만족도 분석을 기반으로 표준식단의 개발을 제안했다[5].

본 연구에서는 2021년 군 부실 급식사태 이후 급식정책을 반영하여 편성된 군 표준식단을 기반으로 프로그래밍 언어를 활용하여 자동화 식단 편성 방법을 연구하고, 자동화 식단 편성의 타당성을 확인하고자 하였다.

3. 연구 방법

2023년 군 표준식단 데이터를 기반으로 장병들의 1일 영양소 섭취목표를 충족하는 식단을 자동으로 편성하고, 자동화 식단 편성의 타당성을 검증하기 위해 설문조사와 기술통계 분석을 진행하였다.



<그림 3-1> 연구흐름도

3.1 데이터 수집 및 전처리

2023년 제5322부대의 국방군수통합정보체계상 군 표준식단 데이터를 수집하였다. 월별 조리류별 영양가 분석 현황을 다운로드하여 조리류, 조리명, 열량, 탄수화물, 단백질, 지방 정보를 사용하였으며, 영양소 수치는 소수점 이하를 내림하여 정수로 사용하였다.

전처리 후 2,908건의 표준식단 데이터를 본 연구에 사용하였다.

3.2 식단 생성 알고리즘 연구

수집한 표준식단 데이터를 기반으로 파이썬 프로그램을 활용하여 장병 1인 1일의 영양소 섭취목표를 충족하기 위한 식단을 자동으로 생성하는 알고리즘을 연구하였다.

3.3 설문조사

현재 군에서 근무하고 있으며, 군 표준식단 편성업무를 수행한 경험이 있는 영양관리 직렬 군무원을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 설문지는 군 표준식단편성업무를 어려운 점과 개선사항, 자동화 식단편성의 실효성에 대해서 총 13가지 문항으로 구성하였다.

3.4 식단의 타당성 평가

자동화 편성 식단의 타당성을 검증하고 효과성을 입증하기 위해 실제 업무 수행 주체인 영양사의 설문조사 결과를 분석하고, 기존 표준식단과 자동으로 편성된 표준식단에 대한 기술통계 분석을 실시하여 데이터의 중심 경향성 및 분포를 파악하고, t-검정으로 2가지 가설을 검증하였다.

4. 연구 결과

4.1 군 표준식단 작성 기준

본 연구에서의 군 표준식단편성 자동화는 2024년 급식운영 지침에 명시된 장병 1인 1일 영양소 섭취목표를 충족하고자 하였다.

자동화 범위는 식단편성 제대의 영양사가 수기로 조합해서 편성하는 1~2개월 후의 예정 표준식단이며, 프로그래밍 언어나 데이터로 활용하기 어려운 식재료 수급상황에 따른 변동, 부대 요구사항, 일부 메뉴 간의 조합, 끼니별 특성은 영양사의 수정과 검토가 필요하다.

후식류는 계약 물량 대비 급식 물량에 따른 편성 가능 횟수가 변동되고, 군수통합정보체계의 기타 표준식단 작성관리 화면에서 별도로 편성함으로 본 연구의 데이터에서 제외하였다.

군 표준식단 편성 자동화 관련 가정은 다음과 같으며, 가정 값 변경이 가능하다.

첫째, 2024년 급식운영 지침에 명시된 장병 1인 1일 영양소 섭취목표인 열량 3,000kcal, 탄수화물 413~488g, 단백질 43~150g, 지방 50~100g을 기준으로, 한 달 평균 영양소가 섭취목표의 기준 범위에 충족하는 것을 목표로 하였다[6]. 또한, 지침에는 명시되어 있지 않지만, 식사별 균형 잡힌 영양소 섭취를 위하여 아침 700~1,200kcal, 점심 900~1,500kcal, 저녁 800~1,400kcal 범위로 열량을 분배하였다.

둘째, 각 식사는 1개의 주식류 메뉴와 4가지의 반찬류, 총 5가지 메뉴로 구성된다. 월 표준식단 내 동일 메뉴는 중복을 최소화하고, 한식 식단 특성상 편성 횟수가 높은 ‘밥류’와 ‘김치류’는 중복을 허용하였다.

셋째, 식사별 세분화 편성을 위해 <표 4-1>과 같이 18개 조리류로 표준식단 데이터를 분류하였다.

<표 4-1> 표준식단 조리류 분류

1.국류	2.탕류	3.스프류	4.찌개류
5.무침및생채류	6.볶음류	7.튀김류	8.부침류
9.찜및구이류	10.조림류	11.김치류	12.밥류
13.빵류	14.죽	15.주식류	16.면류
17.쌈	18.기타		

4.2 자동화 편성 식단 예

<표 4-2>는 군 표준식단 월 자동화 편성식단의 1주차 식단 예시이며, 월 자동화 편성식단은 평균 열량 3,032kcal, 탄수화물 418g, 단백질 156g, 지방 97g으로, 범위에서 6g을 초과한 단백질을 제외하고 1일 영양소 범위를 충족했으며, 중복 메뉴를 제외한 편성 메뉴 가짓수는 264가지이다.

4.3 설문조사 결과 분석

설문은 2024년 5월 8일에 Google forms를 활용하여 온라인으로 조사하였다. 표본의 규모는 9명이며, 2024년 육군 기준 식단편성 제대가 33개로 모집단의 27%의 규모이다. 6번 서술형 문항 답변 중 무응답 2건을 제외한 결과를 연구에 사용하였다.

Part 1은 군 표준식단 편성 업무와 관련한 9가지 문항을 조사하였다.

1번 문항 최초 수기로 작성하는 월 표준식단 작성 소요시간은 9명 중 8명이 4일 이상(77.8%), 1명이 3일(22.2%) 이라고 응답하여 물리적인 시간 소요가 많다는 것을 확인하였다.

2번 문항 군 표준식단 편성 업무 간 어려운 점을 6개의 소문항으로 구분하고 Likert 5점 척도를 사용하여 측정하였다. 문항별 응답 결과는 <표 4-3>와 같다. 평균 점수가 높은 순으로 문항을 살펴보면 시간 소요 과다가 4.56점으로 가장 높았으며, 장병 의견을 반영한 메뉴 편성이 4.22점, 업체 납품 제한 사항 반영이 4.11점, 끼니 내 조화된 메뉴 편성이 4점,

<표 4-2> 자동화 편성 식단 예

Day		Dish1	Dish2	Dish3	Dish4	Dish5	열량	탄수	단백	지방
1	조	백미밥	닭고기육개장	돼지고기김치찜	오이파프리카무침	배추김치	795	106	64	20
	중	백미밥	팜뽕수제비	미나리&삼겹살구이	파के콩나물무침	총각김치	976	312	70	83
	석	제육덮밥	청국장	오징어돼지불고기	베이컨시금치볶음	파김치	1,104	123	92	47
2	조	닭고기덮밥	파송송계란국	깻잎순무침	훈제오리냉채	깍두기	794	15	45	16
	중	검은콩밥	순대국	두부김치	계란찜	배추김치	834	162	56	50
	석	비빔밥	만두육개장	돼지고기양장피볶음	비엔나소시지떡볶음	총각김치	924	153	39	30
3	조	차슈덮밥	등뼈감자탕	오이고추된장무침	치즈불닭볶음	석박지	969	112	73	26
	중	반미샌드위치	양송이스프	청양마요치킨	핫도그	감자튀김	1,332	102	87	52
	석	흑미밥	팜뽕짜개	고기만두찜	베이컨감자전	석박지	839	134	30	26
4	조	쇠고기덮밥	도토리묵국	목은지등갈비찜	햄슬라이스아채볶음	총각김치	1,128	164	64	24
	중	소시지철판볶음밥	호박된장짜개	참치두부조림	코다리강정	백김치	1,311	192	60	63
	석	스콜치밥	팽이버섯두부국	분모자떡볶이	쇠고기버섯떡볶음	석박지	1,107	117	66	34
5	조	닭죽	콩나물국	쇠고기청경채볶음	매추리알장조림	총각김치	1,034	109	50	5
	중	백미밥	호박된장짜개	참치두부조림	크림함박스테이크	배추김치	919	126	52	29
	석	데리삼겹살덮밥	등뼈감자탕	쇠고기불고기	훈제오리파프리카볶음	배추김치	1,295	127	68	77
6	조	백미밥	청국장	고구마함박스테이크	무나물	깍두기	1,015	114	30	17
	중	참치마요덮밥	배추된장국	비엔나케첩볶음	궁중닭찜	단무지	959	124	64	30
	석	간장계란밥	참치김치짜개	꼬들단무지무침	비베규볶림	석박지	926	99	67	41
7	조	스콜치밥	햄소시지짜개	돼지고기청경채볶음	건과류멸치볶음	겉절이	825	53	58	45
	중	지장밥	꼬치어묵국	오징어링튀김	아채스틱&쌈장	총각김치	1,020	155	47	45
	석	카레밥	감자수제비	숙주나물	고추참치아채볶음	배추김치	809	144	27	17

식단 간의 연식성이 3.67점, 마지막으로 영양소 섭취목표 충족이 3.56점으로 가장 낮았다.

<표 4-3> 군 표준식단편성 업무 간 어려운 점

구분	최소값	최대값	평균	표준편차
2-1 시간 소요 과다	3	5	4.56	0.73
2-2 장병 의견 반영	3	5	4.22	0.83
2-3 끼니 내 조화	3	5	4	0.71
2-4 영양소 섭취목표 충족	1	5	3.56	1.24
2-5 업체 제한사항 반영	3	5	4.11	0.93
2-6 식단 간의 연식성	2	5	3.67	1.22

3번 문항에서는 군 표준식단 데이터를 통합으로 관리하는 군 표준식단 pool(메뉴, 영양소 정보 등)이 있다면 표준식단 편성 업무 간 도

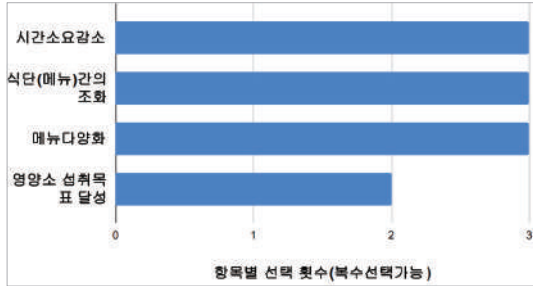
움이 될 것이라는 긍정형 대답이 8명(88.9%, ‘매우그렇다’와 ‘그렇다’ 각 4명), ‘보통이다’ 1명(11.1%)으로 군 표준식단 pool 구성과 공유의 필요성과 실효성을 확인하였다.

4번 문항 군 표준식단 편성 업무 간 개선할 점에 대한 서술형 응답은 군수통합정보체계 개선 관련 내용이 4건으로 가장 많았다.

Part 2에서는 군 표준식단 데이터를 활용하여 자동으로 편성한 1개 주치의 식단표 예시를 제시하고 4가지 문항을 조사하였다.

5번 문항 자동으로 편성한 1개 주치의 식단표 예시를 보고, 자동으로 최초 식단표를 제시해 준다면 식단편성 업무에 도움이 될지 질문하였고 Likert 5점 척도를 사용하여 측정하였다. 평균 점수 3.22점으로 ‘보통이다’ 보다 0.22점 높은 점수로 도움이 된다는 의견을 확인하였다.

5-1번 문항은 어떤 부분에서 도움이 될 것 같을지 5번 문항에 ‘보통이다’, ‘그렇다’, ‘매우 그렇다’ 선택자 6명에게 복수 선택 가능으로 응답받았으며, 총 11건의 응답 중 항목별 선택 횟수는 <그림 4-1>과 같다.



<그림 4-1> 5-1번 문항 응답 결과

6번 문항 예시로 제시한 1개 주차 자동화 식단을 자신이 수정한다고 했을 때, 변경해야 할 메뉴 가짓수와 수정시간은 무응답자 2명을 제외하고 7명 평균 12.7개와 2시간이었다. 월 예정 표준식단을 편성한다고 할 때, 1개월을 4개 주차로 가정하고 평균으로 단순 계산하면

<표 4-4> 군 표준식단 자동화 관련 의견

	내용
A	민간조리원이 없는 아침과 주말식단에 간편하면서도 영양과 만족도를 충족할 수 있는 식단 반영
B	•군 급식의 목적인 균형있는 영양소 충족 목표 •레토르트 및 완제품 편성 최소화의 노력과 실무자의 사명감 필요
C	급식계약업무와의 연동성
D	부대조달부식 단위 통일화
E	수의계약제도, 취사요원 업무능력
F	부식주기
G	납품업체별 계약관련 사항 연계 (공급가능여부에 따른 식단편성 연계)
H	시스템단순화에 중점을 둔 메뉴 편성 프로그램 개선
I	식단에 편성한 식자재 수급이 어려울 때 유동적인 대체 방안

자동화 식단에서 변경할 메뉴 가짓수와 수정 시간은 50.8개와 8시간이다.

7번 문항 군 표준식단 자동화에 관한 연구를 군에서 추진한다고 할 때 추가 고려사항이나 의견은 <표 4-4>와 같으며, 공통 사항 없이 다양한 의견이 제시되었다.

설문결과를 종합해 보았을 때, 군 표준식단 편성 업무 간 대부분의 응답자가 수기로 작성하는 월 표준식단은 4일 이상의 시간이 소요되며, 군 표준식단 pool이 있다면 도움이 될 것 같다고 응답하였다. 작성 간 어려움은 시간 소요 과다 의견이 가장 높았으며, 서술형 응답에서는 군수통합정보체계(시스템) 개선 의견이 가장 많았다.

예시로 제시한 1개 주차 자동화 편성식단은 Likert 5점 척도 기준 평균 점수 3.22점이었으며, 제시된 1개 주차 식단표 수정소요 응답 수치를 1개월(4개 주차)로 산출했을 때 수정소요시간은 8시간으로 자동화 편성식단 활용시 수기로 작성하는 소요시간의 75%의 시간을 감소할 수 있다는 것을 확인하였다.

4.4 기술통계 분석

2023년 월별 군 표준식단과 12개월 자동화 편성식단 값은 아래 <표 4-5>과 같다. 영양소와 중복 메뉴를 제외한 편성 메뉴 가짓수를 대상으로 기술통계 분석을 실시하고, t-검정을 통해 가설을 검증하였다[7][8].

각 영양소와 편성 메뉴 가짓수에 대한 기술통계 분석 결과는 <표 4-6>와 같으며, <표 4-7>와 같이 각 영양소에 대한 상자 그림을 통하여 데이터 중심 경향성 및 분포를 확인하였다.

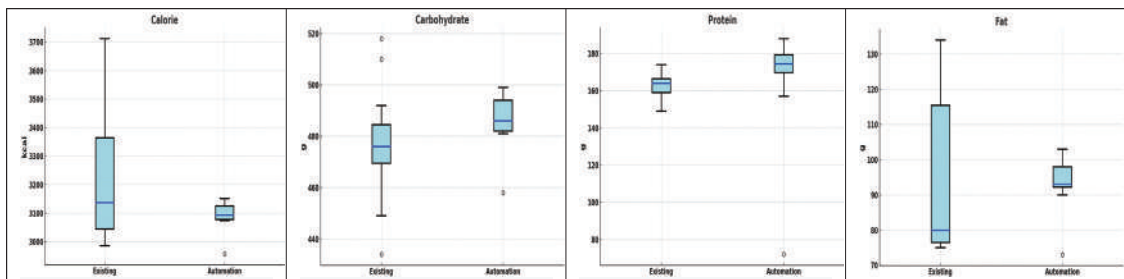
<표 4-5> 2023년 군 표준식단과 12개월 자동화 편성 식단

월	기존 군 표준식단					자동화 편성 식단				
	열량 (kcal)	탄수화물 (g)	단백질 (g)	지방 (g)	메뉴 가짓수	열량 (kcal)	탄수화물 (g)	단백질 (g)	지방 (g)	메뉴 가짓수
1	3,310	518	160	112	224	2,957	458	72	73	277
2	3,123	449	163	80	221	3,074	483	188	103	233
3	3,061	434	156	106	219	3,075	489	176	90	273
4	2,986	465	164	75	213	3,078	485	169	93	271
5	2,995	475	149	77	225	3,145	497	176	93	283
6	3,150	510	164	80	216	3,130	493	179	93	275
7	2,991	476	165	75	219	3,151	482	186	93	276
8	3,269	492	173	80	236	3,079	487	157	94	271
9	3,107	476	156	75	240	3,124	499	173	98	257
10	3,527	471	171	126	242	3,119	482	180	98	271
11	3,712	480	174	128	259	3,091	497	171	99	279
12	3,702	482	164	134	271	3,096	481	170	90	273

<표 4-6> 기존 식단과 자동화 편성식단 기술통계 분석

구 분	열량(kcal)		탄수화물(g)		단백질(g)		지방(g)		메뉴 가짓수	
	기존	자동	기존	자동	기존	자동	기존	자동	기존	자동
평균	3,244	3,093	477	486	162	166	95	93	232	269
표준편차	266	51	23	10	7	30	23	7	18	13
최소값	2,986	2,957	434	458	149	72	75	73	213	233
1사분위수	3,044	3,077	469	482	159	169	76	92	219	271
중앙값	3,136	3,093	476	486	164	174	80	93	224	273
3사분위수	3,364	3,125	484	494	166	179	115	98	240	276
최댓값	3,712	3,151	518	499	174	188	134	103	271	283

<표 4-7> 기존 식단과 자동화 편성식단 영양소별 비교 상자 그림



기술통계 분석결과 영양소 중 단백질은 기존 식단과 자동화 편성식단 모두 영양소 섭취목표 범위에 충족하지 못하고 소량 초과하였다.

그 외 영양소 중 열량, 탄수화물, 지방은 기존 식단과 자동화 편성식단 모두 장병 1인 1

일 영양소 섭취목표 범위에 충족했으며, 상자 그림에서 단백질을 제외한 모든 영양소가 자동화 편성식단 값의 데이터 분산이 작은 것을 확인하였다.

이를 통해 자동화 편성식단이 기존 식단보

다 월별로 균형 있는 영양소를 편성하였음을 확인할 수 있었다.

또한, 2023년 군 표준식단과 12개월 자동화 편성식단의 월별 열량과 중복메뉴를 제외한 편성 메뉴 가짓수에 대한 차이를 확인하고자 2가지 가설을 설정하였다. 영양소 중 열량을 제외한 탄수화물, 단백질, 지방은 섭취목표가 범위 값으로 제시되어 있기 때문에 가설 설정 및 t-검정에서 제외하였다.

2가지 가설은 아래와 같다.

- 기존 식단의 1일 평균 열량보다 자동화 식단 1일 평균 열량이 영양소 섭취 목표의 열량(3,000kcal)에 더 근접할 것이다.
- 기존 식단의 중복 값을 제외한 월별 편성 메뉴 가짓수보다 자동화 식단의 중복 값을 제외한 월별 편성 메뉴 가짓수가 많을 것이다.

t-검정 결과, 첫 번째 가설의 p-값이 약 0.076으로 유의수준 0.05보다 크지만, 의미적으로 볼 때 기존 식단과 자동화 식단의 1일 평균 열량 차이가 있는 것으로 볼 수 있었다. 이런 이유는 자동화 식단 편성의 각 영양소 별로 분산이 기존 식단보다 작기 때문에 나타나는 현상으로 보인다.

두 번째 가설은 p-값이 약 0.00001로 유의확률 0.05보다 작으므로 95% 신뢰 수준에서 통계적으로 유의미한 차이가 있었다. 이에 따라 자동화 편성 식단이 기존 식단보다 월별로 더 다양한 메뉴를 포함하고 있음을 확인하였다.

5. 결론 및 향후연구

변화하는 군 급식환경에 따라 식단편성 제대별 자율성이 높아지면서 제대별 메뉴 편성

차이에 따른 급식의 질 차이가 장병 만족도와 복무 의지에 영향을 줄 수 있으며, 식단편성 간 고려사항과 행정시간이 증가하였다.

이에 본 연구에서는 군 표준식단편성의 효율성을 높이고 급식의 질을 향상하기 위해 데이터 기반의 군 표준식단 자동화 편성 방법론을 연구하고, 설문조사와 기술통계 분석으로 타당성을 검증하였다.

설문조사 결과 대부분의 응답자가 수기로 작성하는 월 표준식단에 4일 이상의 시간이 소요되며, 군 표준식단 pool이 있으면 도움이 될 것이라고 응답하여 자동화 편성식단 관련 긍정적인 반응을 보였다.

기존 군 표준식단 작성 간 주요 어려움은 시간 소요 과다와 군수통합정보체계 개선 의견이 많았으며, 예시로 제시한 1개 주차 자동화 편성 식단에 메뉴 변경과 수정 소요시간을 반영하는 방법으로 수기로 작성하는 시간을 75% 감소할 수 있음을 확인하였다. 4개 주차 자동화 편성식단 합산에 따른 검토사항과 본 연구에서 반영하지 못한 기타 행정시간을 추가로 고려해도 시간 소요를 크게 줄일 수 있을 것으로 보인다.

기술통계 분석에서는 2023년 월별 군 표준식단과 12개월 자동화 편성식단을 비교하고, t-검정으로 두 가지 가설을 검증하였다.

기술통계 분석결과 단백질을 제외한 영양소 모두 섭취목표를 충족하였고, 자동화 편성식단 값의 데이터 분산이 작은 것을 확인하였다. 단백질은 12개월 중 1개월 식단을 제외한 11개월분의 기존 식단과 자동화 편성식단 모두 섭취목표 범위를 초과하여, 군수통합정보체계의 단백질 데이터나 단백질 섭취목표 관련 검토가 필요해 보인다.

t-검정 결과, 첫 번째 가설의 자동화 식단의 1일 평균 열량이 기존 식단보다 영양소 섭취목표에 더 근접하다는 것은 각 영양소별 분산을 고려하였을 때 의미적으로 차이가 있는

것으로 볼 수 있었다.

두 번째 가설의 자동화 식단의 월별 편성 메뉴 가짓수가 기존 식단보다 많다는 것은 통계적으로 유의미한 차이가 있었으며, 자동화 식단이 기존 식단보다 더 다양한 메뉴를 포함하고 있음을 확인할 수 있었다.

이러한 연구 결과를 바탕으로 자동화 식단 편성을 활용함으로써 행정업무의 효율성을 높이고, 균형 있고 다양한 메뉴 편성으로 장병들의 급식 만족도와 급식의 질을 향상할 수 있음을 시사하였다.

또한, 군 표준식단 pool 구성을 통해 식단 편성 업무를 공유하고 참고 자료로 사용할 수 있으며, 프로그래밍 언어와 데이터를 활용한 군 급식 관리의 방안을 제시하여 무기체계뿐만 아니라 다양한 분야에서 데이터 기반 혁신이 가능함을 보여주었다.

향후 자동화 식단 편성의 기초 데이터를 확장하여 식단 수정 소요를 감소하기 위한 알고리즘을 개선하고, 설문조사에 응답한 영양사들의 의견을 정책적 연구에 활용한다면 군 급식의 질적 향상과 발전에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] 육군본부. “급식운영 지침”. 2019~2023.
- [2] 유혜영. “사회혁신을 위한 문제해결 중심의 서비스디자인씽킹 연구 -군 급식 통합정보 플랫폼 제안을 중심으로-”. 『Journal of Digital Art Engineering and Multimedia』, 9, 1(2022) : 47-56
- [3] 백승희, 김수연. “군 급식 제공 메뉴 분석에 의한 식사의 질 평가”. 한국식품영양학회지, 23, 4(2010) : 641-648.
- [4] 여운승. “군 급식에서의 메뉴 다양성에 관한 연구”. 한국조리학회지, 10, 1(2004) : 140-152.
- [5] 곽동경 외 연구자. “군 장병의 영양소 섭취기준 설정 및 신세대 장병의 선호 표준식단 개발”. 국방부‘01 정책연구용역과제, 국방부, 2001.8.
- [6] 육군본부. “급식운영 지침”. 2024.
- [7] 허명희. “R을 활용한 통계적 개념 방법 응용”. 자유아카데미: 과주, 2011.
- [8] 송성주, 전명식. “수리통계학”. 자유아카데미: 과주, 2020.

저 자 소 개



나지선 (E-mail: astrid7677@gmail.com)
현재 국방대학교 국방사업관리전공 석사과정
관심분야 : 빅데이터분석, 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

한 글 제 목(굴림 16)

영 문 제 목(신명조 12)

이센터¹⁾ · 김센터²⁾(굴림 11)

Cen-Ter Lee · Cen-Ter Kim (신명조 11)

ABSTRACT(견명조 10)

abstract abstract abstract abstract abstract abstract(신명조 10)

Keywords : Keywords, Keywords, Keywords, Keywords, Keywords, Keywords,
Keywords,

1) 00대학교 0000전공 석사과정(바탕 9)
2) 00대학교 0000전공 교수

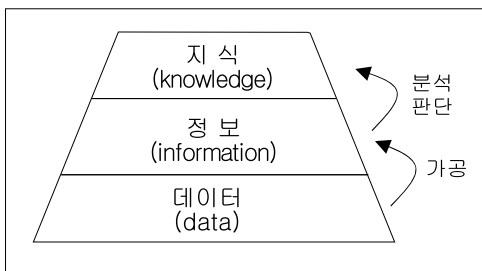
1. 서 론(HY중고딕 14)

현대사회에서 국방기술은 ~~~~~~
 ~~~~~~ 연구방안 수립과 추진이 필요하다.  
 국내외의 ~~~~~~필요성의 증대로  
 귀결된다.  
 이처럼 ~~~~~~  
 ~~~~~~ 하고 있다.  
 또한 과학기술의 ~~~~~~
 ~ Scientometrics'라 한다.[8] ~~~~~~
 ~연구를 의미한다.(신명조 10)

2. 000 고찰

2.1 0000000(휴먼고딕 13)

과학기술 연구활동의 ~~~~~~
 ~~ 정보이다.
 이런 ~~~~~~
 ~~~~~~부분이다.[7]  
 그러므로, ~~~~~~필요  
 하다. <그림 1>은 ~~~~~~  
 보여준다.



<그림 1> 데이터, 정보, 지식의 계층 구조

데이터는 ~~~~~~  
 ~~~~~~올라가게 된다.[6]

2.2 0000

최근의 ~~~~~~
 ~~~~과정이라 할 수 있다.

최근 ~~~~~~  
 ~~~~개괄적인 비교는 <표 1>과 같다.

<표 1> 000000 비교

| | | |
|--|--|--|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

3. 00000

현재 ~~~~~~
 ~~~~~~ 있다.

### 4. 000 방법

연구동향을 ~~~~~~  
 ~~~~~~같다.

4.1 00000

1차 ~~~~~~
 ~~~~~~있다.

#### 4.2 00000

1차 ~~~~~~  
 ~~~~~~수집하였다.

5. 00결과

5.1 0000000

자율주행 ~~~~~~
 ~~~~사용하였다.

#### 5.2 00000

지형/물체 ~~~~~~  
 ~~~~입력하였다.

5.3 00000

상위 ~~~~각주3)~~~~~
~~~~~ 있다.

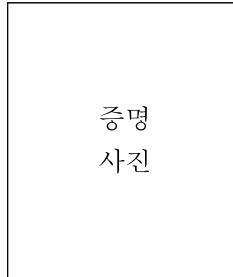
6. 결 론

지금까지 ~~~~~  
~~~~~기대된다.  
그러나 ~~~~~
~~~~~필요하다.

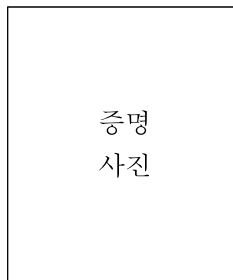
참 고 문 헌(휴먼고딕 16)

- [1] 국방기술품질원, 『2007 국방과학기술조사서(일반본) 제4권』, 국방기술품질원, 2012
- [2] 이주장·김현진·이민철·강정원·권인소·송재복, “차울주행기술”, 기계저널 제47권, 2007
- [3] 박용태, 『기술과 경영』, 생능출판사, 2005
- [4] 임치환, “Knowledge Map의 활용에 관한 연구”, 한국외국어 대학교 석사학위논문, 2006
- [5] 윤문섭·이우형·김윤명·오해영·손성혁, “친기술 연구기획 사전 타당성 분석을 위한 지식맵 작성 방법론 개발 및 활용방안”, STEPI, 2003

저 자 소 개(HY신명조 13)



000(E - mail: 0000000@naver.com)  
2000 0000000 졸업(문학사)  
현재 00대학교 0000전공 석사과정  
관심분야 : 데이터마이닝, OR/SA,



000(E - mail: 00000000000@0000000)  
1991 00000학교 졸업(이학사)  
1997 미국 UC. Berkeley 졸업(0000 석사)  
2005 KDI 00대학원 졸업(000000 석사)  
2006 00대학교 졸업(0000 박사)  
관심분야 :

3) 각주내용.



| 발행인 |

임기훈(국방대학교 총장)

| 편집인 |

박영준(국가안전보장문제연구소장)

---

## 군사과학연구

제17권 제1호

---

2024년 6월 30일 인쇄

2024년 6월 30일 발행

발행처 : 국방대학교 국가안전보장문제연구소

TEL. (041) 831-6414

E-mail. rinsakj@kndu.ac.kr

인 쇄 : 청 맥 기 획 (042) 487-2589

---

ISSN 1975-3888





## Research Papers

Investigation of the Effects of Mine Clearance Operation Depending on Environment and Team Composition using NetLogo  
/ **Jaehyung Park · Bongkyoo Yoon**

A Study on the Reducing the Costs of Military Food Transportation Using K-means cluster and Dijkstra Algorithm  
/ **Younhyeong Cho · Hoseok Moon**

Ground operation decision support model based on Bayesian Networks concentrated on the defense operation of the battalion  
/ **Taesu Choi · Kwanghee Kim · Dooyoul Lee**

Automated Meal Planning Methodology Considering Diversity and Nutrients  
/ **Jiseon Na · Hoseok Moon**

